

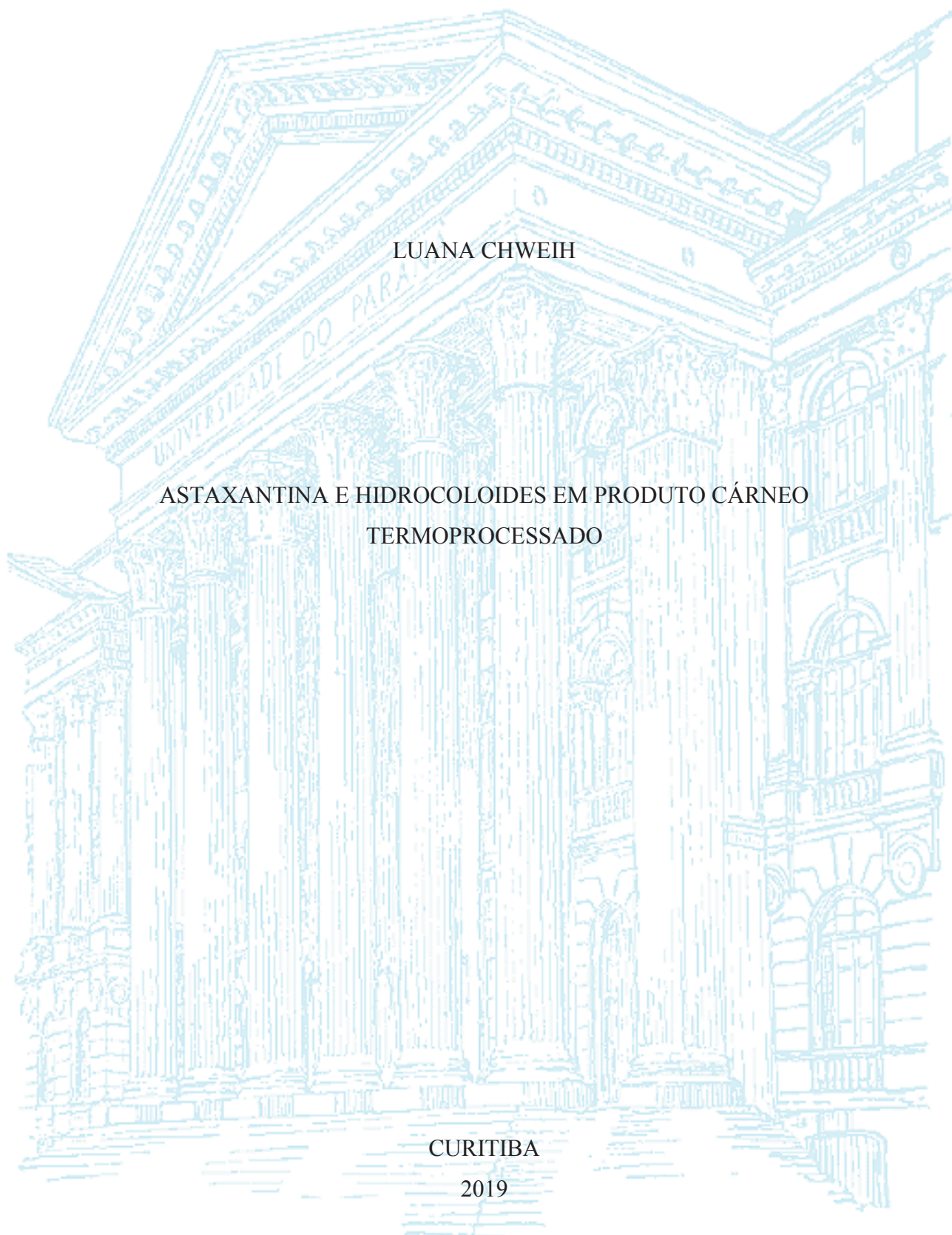
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LUANA CHWEIH

ASTAXANTINA E HIDROCOLOIDES EM PRODUTO CÁRNEO
TERMOPROCESSADO

CURITIBA

2019



LUANA CHWEIH

ASTAXANTINA E HIDROCOLOIDES EM PRODUTO CÁRNEO
TERMOPROCESSADO

Dissertação apresentada como requisito a obtenção do grau de Mestre em Ciências Farmacêuticas, no Programa de Pós-graduação em Ciências Farmacêuticas, Setor de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Rocha Garcia

Coorientador: Prof. Dr. Daniel Angelo Longhi

CURITIBA

2019

Chweih, Luana

Astaxantina e hidrocoloides em produto cárneo termoprocessado [recurso eletrônico] / Luana Chweih – Curitiba, 2019.

Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas. Setor de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Paraná, 2019.

Orientador: Professor Dr. Carlos Eduardo Rocha Garcia

Coorientador: Professor Dr. Daniel Angelo Longhi

1. Hidrocoloide. 2. Antioxidantes. 3. Processamento térmico. I. Garcia, Carlos Eduardo Rocha. II. Longhi, Daniel Angelo. III. Universidade Federal do Paraná. IV. Título.

CDD 664.07



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR SETOR DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO CIÊNCIAS
FARMACÊUTICAS - 40001016042P8

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **LUANA CHWEIH** intitulada: **Hidrocolóides e antioxidantes em produto cárneo termoprocessado**, após terem inquirido a aluna e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 24 de Abril de 2019.


CARLOS EDUARDO ROCHA GARCIA
Presidente da Banca Examinadora (UFPR)


TANIA MARIA BORDIN BONFIM
Avaliador Interno (UFPR)


FRANCINY CAMPOS SCHMIDT
Avaliador Externo (UFPR)

À Deus, o que seria de mim sem a fé que tenho Nele. À minha família que me manteve firme durante toda esta trajetória, prestando todo apoio e suporte para que eu pudesse chegar até aqui.

AGRADECIMENTOS

Ao meu Orientador Prof. Dr. Carlos Eduardo Rocha Garcia, por me receber como aluna de mestrado em seu laboratório. Obrigada pela confiança em meu trabalho, pelo respeito, por me ensinar, pela compreensão e pelos sábios conselhos que me motivaram a seguir em frente.

Ao meu coorientador Prof. Dr. Daniel Angelo Longhi, por todo ensinamento, paciência, dedicação e auxílio.

À todos os membros do Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas, pelo suporte, em especial aos professores do programa. Seus ensinamentos foram muitos e certamente contribuíram positivamente para a minha formação.

Ao meu pai Hermes Chweih, o maior incentivador para que eu chegasse até aqui, mesmo sem entender exatamente o que eu estava fazendo, se manteve presente em todos os passos me apoiando em cada decisão.

A minha mãe Samira Zeinedin Chweih, que foi o meu refúgio nas horas mais difíceis, mantendo-me firme em todos os momentos, acalmando meu coração e mostrando que sou capaz de enfrentar todos os obstáculos que a vida insiste em colocar em nosso caminho. Tenho imenso orgulho em ser sua filha e espero ao menos um dia ser um pouco da profissional maravilhosa que és.

Aos meus irmãos Hanan Chweih e Felipe Vendrame, minha inspiração e orgulho, obrigada por toda paciência, apoio, dedicação e conhecimento que foram prestados a mim durante todo o processo.

À Wandelice Chiampi, uma grande amiga, muito obrigada pelo auxílio prestado e por ser minha melhor companhia durante todo esse processo.

À doutoranda Natália, por todo apoio prestado a mim, e incentivo para que eu chegasse até aqui.

À aluna de mestrado Larissa Tuffi, por toda ajuda prestada durante o projeto e a paciência em desvendar comigo as incógnitas na área da pesquisa.

Ao amigo Vinícius José Bolognesi, por sua disponibilidade e prontidão sempre a me ajudar, paciência em ensinar, eu realmente aprendi muito com você, obrigada.

À todos os estagiários que passaram em nosso laboratório, obrigada por toda ajuda prestada durante os ensaios..

À técnica Maria da Graça, da Central Analítica, pelo auxílio durante a utilização dos equipamentos.

À Prof. Dr. Tania Maria Bordin Bonfim, pela ajuda prestada, bem como pela doação do material necessário para realização das análises.

Ao Wanderlei, técnico do Laboratório de Tecnologia de Alimentos, do Setor de Engenharia de Alimentos, muito obrigada por todo auxílio durante as análises.

Aos meus amados colegas do Programa de Pós-graduação em Ciências Farmacêuticas, Maick, Gabriela, Melina e Lucio, por me apoiarem e me escutarem nos dias em que tudo parecia ser mais difícil, a vivência deste projeto ao lado de vocês tornou-se muito mais leve.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo auxílio financeiro.

“Quando tudo parecer dar errado em sua
vida, lembre-se que o avião decola
contra o vento, e não a favor dele”

(Henry Ford)

RESUMO

A busca dos consumidores, cada vez mais exigentes por alimentos de qualidade relacionados aos aspectos de saúde com o paladar apreciável, apresenta-se em crescente expansão. Uma alternativa tecnológica, conferindo melhor rendimento e maciez a produtos cárneos termoprocessados, com antioxidantes de origem natural em substituição aos sintéticos tornou-se o objetivo deste trabalho. Um delineamento fatorial foi realizado a fim de selecionar qual hidrocoloide (carragena, amido modificado, proteína isolada de soja e colágeno) em concentrações de 0,5% e 1% acrescidos de soluções salinas (5% e 10%) e injetados em cubos cárneos (*Vastus laterallis*) por 12 horas, sob processamento térmico em micro-ondas com temperatura aproximada de 85 °C detinha as melhores condições físico-químicas (maiores ganhos de massa, e menores perdas por cocção) para anteceder a adição dos antioxidantes. Após selecionado, somou-se a estes cubos os antioxidantes (eritorbato e astaxantina) em concentrações de 150 ppm. Dentre os hidrocoloides apresentados, a carragena obteve destaque com as menores perdas por cocção (3,14%) e os melhores ganhos no rendimento (15,55%). Em relação à oxidação lipídica, os valores de oxidação do controle (2,93 mg TBARS) pode ser reduzido com a adição da astaxantina no produto cárneo (0,460 mg TBARS) obtendo um efeito antioxidante similar ao tratamento com o eritorbato de sódio (0,219 mg TBARS). Na análise sensorial, os provadores não identificaram a presença de carragena no teste triangular (30%), porém a selecionaram como amostra preferida nos testes de preferência (30%).

Palavras-chave: Hidrocoloide. Antioxidantes. Processamento térmico.

ABSTRACT

The pursuit of consumers, increasingly demanding for quality of food is related to the health aspects with considerable taste, presented in increasing expansion. A technological alternative, giving better yield and softness to thermo processed meat products, with natural antioxidants in place of synthetic ones became the objective of this work. A factorial design was performed in order to select which hydrocolloid (carrageenan, modified starch, isolated soybean protein, and collagen) in 0.5% and 1% concentrations added with saline solutions (5% and 10%) and injected into meat cubes (*Vastus laterallis*) for 12 hours under microwave thermal processing with an approximate temperature of 85 °C had the best physicochemical conditions (higher mass gains and lower losses per cooking) to precede the addition of antioxidants. After being selected, the antioxidants (erythorbate and astaxanthin) at 150 ppm concentrations were added to these cubes. Among the hydrocolloids presented, carrageenan was the highlight with the lowest cooking losses (3.14%) and the best yield gains (15.55%). In relation to lipid oxidation, the oxidation values of the control (2.93 mg TBARS) can be reduced with the addition of astaxanthin in the meat product (0.460 mg TBARS) obtaining an antioxidant effect similar to the treatment with sodium erythorbate (0.219 mg TBARS). In the sensorial analysis, the test subjects did not identify the presence of carrageenan in the triangular test (30%), but they selected it as the preferred sample in the preference tests (30%).

Keywords: Hydrocolloid. Antioxidants. Thermal processing.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – SUPERFÍCIES DE RESPOSTA DO GANHO DE MASSA (GM) EM PRODUTO CÁRNEO COM ADIÇÃO DE SOLUÇÃO SALINA E COM ADIÇÃO DE: (A) AMIDO, (B) CARRAGENA, (C) COLAGENO E (D) PROTEÍNA ISOLADA DE SOJA	42
FIGURA 2 – SUPEFÍCIES DE RESPOSTA DAS PERDAS POR COCÇÃO (PC) EM PODUTO CÁRNEO COM ADIÇÃO DE SOLUÇÃO SALINA E COM ADIÇÃO DE: (A) AMIDO, (B) CARRAGENA, (C) COLAGENO E (D) PROTEÍNA ISOLADA DE SOJA	44
FIGURA 3 – COMPARAÇÃO DO EFEITO ANTIOXIDANTE DE PRODUTOS CÁRNEOS TRATADOS COM SOLUÇÕES SALINAS DE HIDROCOLOIDES E ANTIOXIDANTES	47

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – TESTE TRIANGULAR REALIZADO EM AMOSTRAS DE CARNE BOVINA TERMOPROCESSADAS E TRATADAS COM SOLUÇÕES SALINAS DE HIDROCOLOIDES	51
GRÁFICO 2 – TESTE DE PREFERÊNCIA REALIZADO EM AMOSTRAS DE CARNE BOVINA TERMOPROCESSADAS E TRATADAS COM SOLUÇÕES SALINAS DE HIDROCOLOIDES	52

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – COMBINAÇÕES RESULTANTES DOS DIFERENTES FATORES E NÍVEIS PARA O DCC	34
TABELA 2 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA CENTESIMAL DA MATÉRIA-PRIMA CÁRNEA	40
TABELA 3 – RESULTADOS DOS GANHOS DE MASSA E DAS PERDAS POR COCÇÃO DAS AMOSTRAS DE CARNE NOS DIFERENTES TRATAMENTOS TESTADOS	41
TABELA 4 – COEFICIENTES ESTIMADOS NO AJUSTE DO MODELO AOS DADOS EXPERIMENTAIS DE GANHO DE MASSA E ÍNDICES ESTATÍSTICOS RESULTANTES	42
TABELA 5 – PERCENTUAIS DE HIDROCOLOIDES CRÍTICOS QUE RESULTAM NOS MAIORES GANHOS DE MASSA PARA CADA TIPO E PERCENTUAL DE HIDROCOLOIDE	43
TABELA 6 – PERCENTUAIS DE HIDROCOLOIDE QUE RESULTAM NOS MENORES GANHOS DE MASSA PARA CADA TIPO DE HIDROCOLOIDE E CONCENTRAÇÕES DE CLORETO DE SÓDIO	43
TABELA 7 – COEFICIENTES ESTIMADOS NO AJUSTE DO MODELO AOS DADOS EXPERIMENTAIS DAS PERDAS POR COCÇÃO E ÍNDICES ESTATÍSTICOS RESULTANTES	44
TABELA 8 – PERCENTUAIS DE HIDROCOLOIDES CRÍTICOS QUE RESULTAM NOS MENORES PERDAS POR COCÇÃO PARA CADA TIPO E PERCENTUAL DE HIDROCOLOIDE	45
TABELAS 9 – PERCENTUAIS DE CLORETO DE SÓDIO QUE RESULTAM NAS MENORES PERDAS POR COCÇÃO PARA CADA TIPO E CONCENTRAÇÕES DE HIDROCOLOIDE	46
TABELA 10 – COMPARAÇÃO DA ATIVIDADE DE ÁGUA EM CARNE BOVINA TRATADA COM SOLUÇÕES SALINAS DE HIDROCOLOIDES	48
TABELA 11 – COMPARAÇÃO DA FORÇA DE CISALHAMENTO EM CARNE BOVINA TRATADA COM SOLUÇÕES SALINAS DE HIDROCOLOIDES	49
TABELA 12 – ANÁLISE DO PERFIL DE TEXTURA DA CARNE BOVINA TRATADA COM SOLUÇÕES SALINAS DE HIDROCOLOIDES	50

LISTA DE SIGLAS

Aa - Atividade de água

AMD- Amido

ANVISA- Agência Nacional de Vigilância Sanitária.

ANOVA – Análise de Variância.

BHA - Butilhidroxianisol

BHT – Butilhidroxitolueno

COL- Colágeno

CGN- Carragena

CTRL – Controle

DCC- Delineamento Composto Central

FC – Força de Cisalhamento

FAO - Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura

IAL – Instituto Adolfo Lutz

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

MDA – Malonaldeído

MP – Matéria-prima

NaCl - Cloreto de Sódio

OMS – Organização Mundial da Saúde

PG - Propilgalato

PIS – Proteína Isolada Soja

PSE – *Pale, Soft and Exudative*

RDC – Resolução Diretoria Colegiada

RMF – Resíduo Mineral Fixo

TBARS – Substâncias reativas do ácido tiobarbitúrico (do inglês, Thiobarbituric Acid Reactive Substances)

TBA – Ácido tiobarbitúrico

TBHQ – Terc-butil Hidroquinona

TPA - Análise do Perfil de Textura (do inglês, Texture Profile Analysis)

LISTA DE SÍMBOLOS

% – Porcentagem

cm - Centímetro

DP – Desvio Padrão

h – Horas

J- Joule

Kg – Kilograma

Kgf - Kilograma força

L – Litro

m – Metro

mm - Milímetro

mg – Miligrama

mL- Mililitro

N – Newton

nm – Nanômetros

°C – Graus Celsius

Ppm - Partes por milhão

pH – Potencial Hidrogeniônico

R – Radical

s- Segundo

β – Letra grega *beta*

μm - Micromêtro

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1. CARNES	18
2.2. PROCESSAMENTO DE PRODUTOS CÁRNEOS	20
2.3. MICRO-ONDAS DOMÉSTICO	20
2.4. HIDROCOLOIDES	22
2.4.1. CARRAGENA	24
2.4.2. PROTEÍNA ISOLADA DE SOJA	24
2.4.3. COLÁGENO	25
2.4.4. AMIDO MODIFICADO	26
2.5. OXIDAÇÃO LIPÍDICA	27
2.6. ANTIOXIDANTES	28
2.7. ERITORBATO DE SÓDIO	29
2.8. ASTAXANTINA	30
3. MATERIAL E MÉTODOS	31
3.1. AMOSTRAS DE CARNE	32
3.2. HIDROCOLOIDES	32
3.3. REAGENTES	32
3.4. PREPARO DAS AMOSTRAS	32
3.5. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	32
3.6. ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS	33
3.6.1. UMIDADE	33
3.6.2. PROTEÍNAS	33
3.6.3. LIPÍDIOS	34
3.6.4. RESÍDUO MINERAL FIXO	34
3.6.5. ATIVIDADE DE ÁGUA (Aa)	34
3.6.6. OXIDAÇÃO LIPÍDICA	34
3.7. AVALIAÇÃO DA FORÇA DE CISLHAMENTO POR WARNER-BLATZLER E PERFIL DE TEXTURA (TPA)	35

3.8. ANÁLISE SENSORIAL	35
3.9. ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS	36
3.10. CÁLCULOS DE PARÂMETROS	36
3.10.1. GANHO DE MASSA	36
3.10.2. PERDAS POR COCÇÃO	36
3.10.3. VARIAÇÃO TOTAL DE MASSA	36
3.10.4. ADIÇÃO DO ANTIOXIDANTE	37
3.10.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA	37
<u>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</u>	<u>38</u>
4.1. ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DA MATÉRIA-PRIMA CÁRNEA	38
4.2. PARÂMETROS DOS PROCESSOS DE TRATAMENTO DA AMOSTRA	38
4.2.1. ANÁLISES DO GANHO DE MASSA, DAS PERDAS POR COCÇÃO E DA VARIAÇÃO TOTAL DE MASSA DOS PRODUTOS CÁRNEOS TRATADOS COM SOLUÇÕES SALINAS DE HIDROCOLOIDES	39
4.2.2. ANÁLISE DA PERDA POR COCÇÃO EM PRODUTOS CÁRNEOS TRATADOS COM SOLUÇÕES SALINAS DE HIDROCOLOIDES	42
4.3. AVALIAÇÃO DO POTENCIAL ANTIOXIDANTE	45
4.4. DETERMINAÇÃO DA ATIVIDADE DE ÁGUA (A _a)	46
4.5. ANÁLISE DE TEXTURA E CISALHAMENTO	47
4.6. ANÁLISE SENSORIAL	49
4.6.1. ANÁLISE SENSORIAL: TESTE TRIANGULAR E ORDENAÇÃO POR PREFERÊNCIA.	49
<u>5. CONCLUSÃO</u>	<u>52</u>
<u>6. REFERÊNCIAS</u>	<u>53</u>
<u>7. APÊNDICE</u>	<u>63</u>

1. INTRODUÇÃO

Os hidrocoloides são polissacarídeos, popularmente conhecidos como gomas, e utilizados como ingredientes para a formulação de alimentos, responsáveis por grande variedade de funções tecnológicas como espessar e/ou gelificar soluções aquosas, alterar e/ou controlar as propriedades de fluxo e a textura dos alimentos, além de influenciar a liberação de sabores, assim como modificar as propriedades de deformação de produtos semissólidos. Como exemplo temos a carragena, proteína isolada de soja, amido modificado e colágeno de porco (GLICKSMAN, 2009).

Estudos demonstram que concentrações salinas com hidrocoloides exercem influência sobre a capacidade de retenção de água em produtos cárneos (DEFREITAS et al., 1997). Carragena, proteína isolada de soja, colágeno e amido são os destaques entre os hidrocoloides utilizados na indústria cárnea, tanto na forma individual quanto aplicados (DZIEZAK, 1991). A efetividade destes hidrocoloides, quanto melhoria da maciez e rendimento dos produtos cárneos, depende da natureza da matéria-prima, tipo de fibra muscular, concentração salina e condições de processamento (TRIUS; SEBRANEK, 1996).

Os hidrocoloides demonstram alta capacidade de interação com a água, decorrente de sua habilidade em realizar ligações de hidrogênio e interações iônicas (FENNEMA, 2000). As proteínas miofibrilares, principalmente actina e miosina, são caracterizadas por sua solubilidade em soluções salinas, capacidade de geleificação e retenção de água influenciando a textura e o rendimento dos produtos cárneos (VEGA-WARNER et al., 1999).

A oxidação, principal causa não microbiológica de deterioração da qualidade no decorrer do processo dos produtos cárneos, é decorrente dos lipídios e proteínas serem vulneráveis a danos oxidativos provenientes da rápida depleção de antioxidantes endógenos depois do abate. (KARAKAYA et al., 2011), além dos processos utilizados como cocção moagem e acréscimo de NaCl. (ROCHA GARCIA et al., 2013). A forma e natureza dos lipídios definem a estabilidade da cor, perda de água e o desenvolvimento de ranço oxidativo que se apresentam na qualidade sensorial e nutricional dos produtos (KUMAR et al. 2001, BERASSATEGI et al., 2014).

Os antioxidantes estendem a durabilidade dos gêneros alimentícios, protegendo-os contra a deterioração ocasionada pela oxidação, tal como a rancidez das gorduras e a alterações de cor. Diversos antioxidantes sintéticos são utilizados na indústria cánea para controlar a oxidação como, butilhidroxitolueno (BHT), butilhidroxianisol (BHA) e Eritorbato

de Sódio (MARIUTTI et al., 2011). Diversos países limitaram a utilização de aditivos químicos considerados prejudiciais à saúde, essas limitações fazem com que os consumidores procurem opções naturais como alternativas para esses aditivos sintéticos (KARAKAYA et al., 2011; REISHE et al., 2007).

A astaxantina é um carotenoide de coloração vermelho-alaranjada, do grupo xantofila, amplamente distribuída na natureza (MIAO et al., 2006; KUSDIYANTINI et al., 1998). Representa um dos principais pigmentos da família dos carotenoides, conferindo coloração característica de alguns crustáceos (camarão e lagosta), peixes (truta e salmão) e outros microorganismos (JOHNSON; AN, 1991). Sua denominação deriva do gênero de caranguejo *Astacus astacus* e é quimicamente conhecida como 3,3'-dihidroxi- β , β -caroteno-4,4'-diona, apresenta 40 átomos de carbono ($C_{40}H_{52}O_4$), duas funções álcool e duas cetonas em sua configuração. (RENSTROM et al., 1981). A presença destes grupos em cada anel ionona justifica suas características de esterificação, seu elevado poder antioxidante e sua configuração mais polar se comparada aos outros carotenoides (GUERIN et al., 2003).

Em decorrência da importância de uma alimentação saudável, e do processo educacional dos consumidores, a serem mais esclarecidos e exigentes, houve um aumento na procura pelos atributos intrínsecos de qualidade como maciez, sabor, quantidade de gordura, como também pelas características de natureza direcionadas as maneiras de produção, uso do meio ambiente, processamento, comercialização, dentre outros (LUCHIARI FILHO; 2014).

Este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito dos hidrocoloides e antioxidantes em produto cárneo termoprocessado, quanto as suas características físico-químicas, sensoriais e estabilidade oxidativa.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. CARNES

O consumo de carnes no Brasil iniciou antes da colonização portuguesa. Os europeus trouxeram a novidade da criação de gado em meados do século XVIII, quando os primeiros colonizadores portugueses adentravam o sertão nordestino. Esta foi a principal atividade do sul do país no período colonial, sua produção atendia apenas a demanda para consumo alimentício, enquanto o ouro era utilizado como comércio. No século XIX, com a vinda da família real, a carne passou a ser influenciada pela culinária francesa e foi incorporada nas refeições dos extratos superiores da sociedade. Somente após o aumento da população, a carne passou a possuir um acesso facilitado e ser consumida entre as classes médias (RIBEIRO; CORÇÃO, 2013).

A carne é um dos alimentos mais representativos que contribuem com diferentes nutrientes necessários para as exigências metabólicas, sendo de extrema importância na manutenção de uma nutrição adequada (WEISS et al., 2010; MCAFEE et al., 2010). Além disso, pode-se associar o consumo de carnes a questões de preferências ou tradições. Quando se trata de derivados cárneos este consumo está normalmente associado a aspectos de custos, praticidade e versatilidade (ÁVILA et al., 2014).

O Brasil alcança uma posição de destaque entre os produtores mundiais de carnes. No ano de 2016, foram produzidas 26,35 milhões de toneladas de carnes bovina, suína e de aves (EMBRAPA, 2017), consecutivamente com a exportação de 1351027 toneladas de carne, sendo somente 11% industrializadas/processadas (ABIEC, 2016).

A carne bovina é um dos alimentos mais consumidos pelos brasileiros (IBGE, 2010), alcançando um consumo per capita de aproximadamente 30 kg/ano (VALOR ECONOMICO, 2017). O Brasil é o segundo país com maior rebanho e produção de carne bovina no mundo (MAPA, 2016).

As carnes são compostas de quatro tipos básicos de tecidos, ou seja, tecido muscular, tecido conjuntivo, tecido epitelial e tecido nervoso. Seu principal componente é o músculo e as fibras musculares, constituídas de uma membrana externa (sarcolema), de um citoplasma diferenciado (sarcoplasma), tomado por suas miofibrilas. O sarcômero constitui a menos unidade contrátil estrutural repetitiva da miofibrila, e apresenta papel importante no ciclo de contração e relaxamento do músculo (ALVES, et al 2006).

A capacidade de uma partícula de manter a água (própria ou adicionada) contra uma força ou um efeito externo, é definida como retenção de água (PUOLANNE; HALONEN, 2010). Em carnes, a habilidade em deter a água durante a aplicação de forças externas como corte, aquecimento, pressão, armazenamento ou cozimento é definida como capacidade de retenção de água (HUGHES et al., 2014; MIKKELSEN et al., 2010). No músculo esta água pode apresentar-se de três formas: água ligada, água imobilizada e água livre (HUFF-LONERGAN; LONERGAN, 2005).

Quando localizada em circunvizinhança de constituintes não aquosos e com mobilidade reduzida, bastante resistente a processos de congelamento e exsudação através de aquecimento convencional, possui o nome de “água ligada”. A água imobilizada apresenta-se retida através de efeitos estéricos ou por atração à água fortemente ligada às proteínas, esta água não flui livremente do tecido, podendo ser removida através de processos de secagem, sendo facilmente convertida em gelo. Por fim, a água livre é responsável na constituição do músculo, e flui com facilidade do músculo devido ao fato de forças superficiais frágeis serem as principais responsáveis por sua retenção (FENEMMA, 1996). Os aspectos de qualidade da carne como suculência, maciez, firmeza e aparência sofrem influência direta sobre a distribuição e mobilidade da água no músculo (LAWRIE, 2005; PEARCE et al., 2011).

O processo de incorporação de soluções aquosas ou oleosas na carne, com diversos ingredientes ou aditivos como sal, fosfatos, proteínas, entre outros, confere o nome de “marinação”. Este visa melhorar o sabor, maciez e elevar atributos como cor e suculência à carne (XIONG, 2005; TAPASCO; RESTREPO; SUAREZ, 2011).

Durante o processo de marinação ocorrem modificações bioquímicas e histológicas. A marinação com ácidos, por exemplo, influencia a oxidação de lipídios e proteínas, aumentando a hidrofobicidade da proteína e favorecendo o aumento dos espaços intercelulares (LEBERT; DAUDIN, 2013).

A adição de cloreto de sódio e fosfatos (pirofosfatos e tripolifosfatos) influencia na dinâmica de penetração nas miofibrilas musculares. Estes sais ocasionam uma expansão transversal dessas miofibrilas com extração simultânea da miosina, a partir das extremidades da banda “A” do sarcômero. São estas mudanças estruturais e bioquímicas que permitem o intumescimento substancial das fibras musculares, melhorando a absorção e imobilizando a água no interior do músculo (XIONG, 2005). Porém em concentrações elevadas de cloreto de sódio, acima de 5%, não ocorre o intumescimento e a carne pode sofrer desidratação devido a desnaturação e precipitação de proteínas (ALIÑO et al., 2010).

2.2. PROCESSAMENTO DE PRODUTOS CÁRNEOS

Cura, salga, defumação, cocção ou fermentação estão entre os tradicionais métodos de preservação dos produtos cárneos. Técnicas antigas desenvolvidas com a finalidade de preservar a carne quando não havia refrigeração ou aditivos sintéticos. Sua conservação se dava através de um conjunto de obstáculos, *hurdle technology*, capaz de impedir a proliferação dos micro-organismos, através da redução de umidade, atividade de água e pH (ROCHA GARCIA et al., 2013).

A busca da sociedade por carnes de alta qualidade, segura, sem adição de aditivos sintéticos, e com um prolongado tempo de vida útil está em crescente demanda (CHEN et al., 2012). Atualmente, um dos desafios da indústria cárnea é desenvolver tecnologias que possam ser aplicadas em escala, economicamente viáveis e que atendam as expectativas dos consumidores. Sendo assim, inúmeras pesquisas são elaboradas a fim promover novas tecnologias para esterilização térmica, ou até mesmo sem utilização de calor (BARBOSA-CÁNOVAS et al., 2014; CHEN et al., 2012).

2.3. MICRO-ONDAS DOMÉSTICO

As radiações eletromagnéticas não ionizantes são chamadas de micro-ondas, elas possuem frequência variável entre 300 a 300.00 MHz correspondendo a um comprimento de onda entre 1mm a 1m (SANSEVERINO, 2002).

Um aquecimento gerado por um forno convencional de cozinha é totalmente diferente de um aquecimento que ocorre em forno micro-ondas (MAJETICH; & HICKS, 1995). O aquecimento em forno micro-ondas ou também chamado de aquecimento dielétrico, caracteriza-se por dois mecanismos principais para transformar a energia eletromagnética em calor: rotação dipolo e condução iônica. O primeiro está relacionado com o alinhamento das moléculas com o campo elétrico aplicado, ou seja, após esse campo elétrico ser removido, as moléculas utilizam essa energia que foi absorvida na orientação e ela é dissipada na forma de calor. O segundo trata-se do calor que é gerado através das perdas por fricção, isto ocorre

através da migração dos íons dissolvidos sob a ação de um campo eletromagnético (BERLAN, 1995; CADDICK, 1995; LOUPY; PERREUX, 2001).

As micro-ondas demonstram diversas vantagens em sua utilização, como capacidade de maiores rendimentos, menor decomposição devido a efeitos térmicos e maior seletividade. (YU et al., 1992). Substâncias polares como água, etanol ou acetonitrila possuem uma boa absorção de micro-ondas, enquanto menos polares como hidrocarbonetos alifáticos ou aromáticos absorvem de modo mais fraco (CADDICK, 1995).

Um forno de micro-ondas doméstico opera em aproximadamente 2450 MHz, com esta frequência não ocorre à absorção máxima da água presente no alimento a ser aquecido, com isso este método apresenta uma alternativa para manter maior umidade nos alimentos. Quanto maior a quantidade de água presente no alimento, maior a dissipação de energia durante o aquecimento. O alinhamento e re-alinhamento das moléculas de água dentro do alimento produzem uma grande quantidade de calor levando ao cozimento do alimento. Quando se utiliza o micro-ondas com o intuito de descongelar alimentos, o tempo normalmente é elevado devido a mobilidade das moléculas de água nos cristais de gelo ser reduzida, utilizando maior tempo para o completo aquecimento (ZLOTORZYNSKI, 1995).

Inúmeros estudos têm demonstrado sua eficácia em processos de cozimento, congelamento/descongelamento, cristalização, emulsificação, filtração, moldagem, corte, extração, secagem, desgaseificação, oxidação e maturação em diferentes matrizes alimentares (DOLATOWSKI et al., 2007; LEADLEY; WILLIAMS, 2008; CHEMAT et al., 2011, CÁRCEL et al., 2012; CHANDRAPALA et al., 2012).

Os produtos decorrentes desse processo térmico possuem uma qualidade superior aos tratados por meio de aquecimento convencional (ALLALI et. al., 2010). Devido à uniformidade e aquecimento mais rápido, constitui uma estratégia limpa e sustentável o que contribui para a preservação do meio ambiente, além de proporcionar maior rendimento e maior retenção dos nutrientes dos alimentos. Consequência, principalmente, da sua capacidade de aquecer materiais rapidamente e uniformemente levando a um tratamento térmico menos agressivo (DARVISHI et. al., 2013).

Na ciência e tecnologia de carnes, o foco das pesquisas com micro-ondas está na capacidade de promover mudanças nas propriedades físicas e químicas do músculo, proporcionando um aquecimento uniforme de forma rápida, interferindo positivamente nas questões sensoriais da carne (ALVES et al, 2013).

2.4. HIDROCOLOIDES

Os hidrocoloides são polímeros de cadeia longa e com dispersão facilitada, portanto tendem a inchar quando entram em contato com água. Possuem propriedades físicas que em soluções, se alteram com intuito de formação de géis, estimulação de espessamento e estabilização (WILLIAMS; PHILLIPS, 2000). Grupos hidroxilas presentes nesses compostos possibilitam o aumento da afinidade com a água, transformando-os em compostos hidrofílicos. Seu termo “hidrocoloide” é resultante da dispersão, entre soluções e suspensões, exibindo propriedades de coloides (LI; NIE, 2015, p. 1-2).

Três mecanismos envolvem a geleificação dos hidrocoloides: geleificação ionotrópica; a frio e ao calor. A ligação cruzada das cadeias de hidrocoloides com íons, mediada por cátions e polissacarídeos carregados negativamente exemplificam a geleificação ionotrópica (BUREY et al., 2008, p. 362). O segundo mecanismo, geleificação a frio, ocorre quando soluções de hidrocoloides são resfriadas a partir de temperaturas elevadas. Suas hélices intermoleculares são estabilizadas entalpicamente formando segmentos de cadeias individuais o que leva a formação de uma rede tridimensional. Por fim, a geleificação por calor ocorre ao desdobrar as estruturas nativas e depois um rearranjo a uma rede (DJABOUROV, 1991; BUREY et al., 2008, p. 362).

Os hidrocoloides também influenciam a textura e reologia dos meios ao qual são inseridos por meio de propriedades de espessamento. Além do aquecimento para transformá-los em estágio de mola aleatória helicoidal nesses polímeros (NORTON; FOSTER, 2002, p. 189); a adição de hidrocoloides a uma dispersão eleva também sua viscosidade (SWORN, 2004, p. 12).

Em soluções diluídas, suas moléculas estão livres para se mover independentemente e por isso não contribuem consideravelmente para a viscosidade. Se houver aumento nesta concentração, consequentemente as moléculas iniciarão contato entre si, e o movimento se tornará restrito. Sendo assim, o aumento da viscosidade é proporcional ao número de moléculas presentes (SWORN, 2004, p. 12). Fatores como concentração, matriz alimentícia, tipo de hidrocoloide utilizado, pH e temperatura influenciam diretamente no efeito espessante a ser produzido por hidrocoloides (SAHA; BHATTACHARYA, 2010, p. 588).

Normalmente a composição dos hidrocoloides refere-se a polissacarídeos, porém algumas proteínas também se enquadram nesta classificação, resultante de suas características de hidrofílicidade e dispersão. Porém proteínas que não apresentem estas características,

como proteínas do soro do leite, mesmo que exerçam função de agregação e gelatinização não podem ser classificadas desta forma (LI; NIE, 2015, p. 2).

Uma gama de alimentos presentes em nosso cotidiano possui adição de hidrocoloides, como por exemplo, iogurtes, maionese, molhos, sorvetes etc. A incorporação desses aditivos promove ação espessante ou estabilizante, atuam modificando as propriedades sensoriais dos alimentos (MILANI; MALEKI, 2012, p. 2).

A relação entre custos e segurança alimentar é o fator principal para escolha de um hidrocoloide para uso em produtos cárneos (BRANEN et al., 1990). O comportamento esperado de cada hidrocoloide depende de suas características químicas, mecanismo de formação de géis e o método de processamento para formação de partículas responsáveis por sua estabilidade frente às condições de uso (MILANI; MALEKI, 2012). Alguns estudos sugerem que a capacidade de retenção de água em produtos cárneos sofra influencia da concentração salina a qual está exposta (DeFREITAS et al., 1997).

Entre os hidrocoloides mais utilizados na indústria cárnea, destacam-se a carragena, proteína isolada de soja e colágeno, tanto na forma individual quanto combinado, assegurando a qualidade desses produtos (DZIEZAK, 1991). Com o propósito de definir as concentrações ideais e adequação frente às condições de processamento de cada hidrocoloide, diversos estudos têm sido realizados em produtos cárneos, como salsichas, hambúrgueres, almôndegas e charques (ROCHA GARCIA et al., 2013). A natureza da matéria-prima, tipo de fibra muscular e condições salinas, são fatores que alteram a eficiência dos hidrocoloides na melhoria da maciez e rendimento dos produtos cárneos (TRIUS e SEBRANEK, 1996).

Pesquisas apontam que os produtos cárneos termoprocessados com hidrocoloides possuam uma maior umidade, resultante da retenção de água nos espaços intersticiais do gel proteico formado durante o tratamento. Porém, a utilização de hidrocoloides sem aplicação de calor e formação de géis tem sido alvo de estudos e os resultados demonstram que há também capacidade de retenção de água mesmo sem uso de tratamento térmico (DeFREITAS et al., 1997). A capacidade dos hidrocoloides de realizar ligações de hidrogênio e interações iônicas é o que favorece este processo (FENNEMA, 2000).

Actina e miosina, proteínas miofibrilares, apresentam solubilidade em soluções salinas, propensão a formar géis e retenção de água, exercendo influencia sobre a textura e rendimento dos produtos cárneos (VEGA-WARNER et al., 1999). A presença de íons também é um fator que influencia a capacidade dos hidrocoloides em reter água nos produtos cárneos. (BERNAL et al., 1987). A solubilidade das proteínas aumenta através de baixas

concentrações salinas, dependente da temperatura e pH, definindo o efeito *salting-in*, estabilizando os grupos com cargas na superfície das proteínas resultante da ação do cloreto de sódio sobre as atrações eletrostáticas (SAMEJIMA et al., 1992).

2.4.1. Carragena

Pertencente à família de polissacarídeos obtidos de algumas espécies de algas vermelhas (*Rhodophyta*), são utilizadas como espessantes, geleificantes e estabilizantes em uma série de produtos (CAMPO et al., 2009, p. 167). Polímero aniônico sulfatado de galactose e anhidrogallactose; nas seguintes apresentações: a *kappa* (gel termoreversível quebradiço), *iota* (gel termoreversível elástico) e *lambda* (sem formação de gel, mas com função espessante), as diferenças estão na forma como essas moléculas se agrupam na zona de junção com as proteínas (CAMPO et al., 2009, p. 168; SAHA; BHATTACHARYA, 2010, p. 591). Utilizadas em produtos cárneos enlatados e linguiças (GIESE, 1992, CANDOĞAN; KOLSARICI, 2003).

A carragena é bastante utilizada nos produtos cárneos, é um ligante natural de carnes e a quantidade necessária para que ela consiga realizar sua função no produto é de aproximadamente 0,20% a 0,50% (PIETRASIK, 2003). Os diferentes tipos de carragena apresentam comportamentos diversos no produto cárneo. A *lambda*-carragena aumenta a capacidade de retenção de água, porém pode reduzir a força dos géis em produtos cozidos. A *iota*-carragena tende a aumentar a dureza em produtos adicionados de água e gordura em um gel cárneo com conteúdo lipídico (8%), em contrapartida a *kappa*-carragena aumenta a dureza de produtos cárneos emulsificados com conteúdo lipídico de 4% sem adição de gordura e água (HSU; CHUNG, 2001, p.115; BARBUT; MITTAL, 1992).

2.4.2. Proteína isolada de soja

A proteína isolada de soja é um produto extraído da farinha desengordurada de soja que contém mais de 90% de proteína. As proteínas de soja constituem uma mistura de macromoléculas de tamanhos, densidade de carga e estruturas diferentes (IMRAM, 2013).

A proteína isolada de soja é usada como ligadora e emulsificante. Apresenta grande capacidade de combinar água e gordura formando emulsões estáveis. Possui capacidade de formação de gel com boa elasticidade. Apresenta sabor neutro e alta solubilidade, sendo

recomendada para aplicação em produtos cárneos como salsichas e outros embutidos (SGARBIERI, 2016).

As globulinas são as principais proteínas de soja sendo insolúveis em meio aquoso em seu ponto isoelétrico. O ponto isoelétrico representa o pH no qual uma molécula carregada em solução possui carga elétrica resultante nula, e assim, não é deslocada em campo elétrico (CHERRY, 2011). Um conjunto de várias proteínas globulares utilizadas como um todo nos alimentos, a proteína isolada de soja, pode ser classificada de acordo com seu coeficiente de sedimentação (2S, 7S, 11S e 15S), sendo que 80% das proteínas são: 7S (β -conglícinina) e 11S (glicínina) (NISHINARI et al., 2014, pp. 302–303).

As proteínas da soja são dissociadas, se reorganizam e formam agregados de variadas massas moleculares quando são aquecidas, formadas pelas subunidades 7S e 11S (NISHINARI et al., 2014, p. 302), ligando-se por pontes dissulfeto e pontes de hidrogênio. A redução da tensão entre as fases água e óleo é o que fornece a capacidade de formar emulsão neste aditivo (MOLINA et al., 2001, p. 263).

As propriedades de solubilidade e hidrofobicidade das subunidades principais 7S e 11S, estão ligadas às suas propriedades de emulsão: em casos de exposição dessas subunidades, os domínios hidrofóbicos fechados no interior das regiões tornam-se abertos resultantes da desnaturação (NIR et al., 1994, p. 609).

Seu poder emulsificante pode ser utilizado em emulsões cárneas com a finalidade de substituição de gordura animal por outra que apresente perfil lipídico mais saudável. Estudos demonstraram que uma substituição de 10% ou 17,5% do óleo de canola pré-emulsificado por proteína isolada de soja em emulsão cárnea bovina resultou em um produto mais estável e com menores perdas após a cocção, se comparados ao tratamento controle (somente gordura animal) (YOUSSEF; BARBUT, 2011a, p. 358). Essas diferenças comerciais de PIS influenciam diretamente as características sensoriais e físico-químicas dos produtos cárneos (MATOBA et al., 1985, p. 858).

2.4.3. Colágeno

Amplamente utilizado nas formulações de gelatina, o colágeno é uma proteína obtida pela hidrólise de ossos, cartilagens e peles, sendo a principal proteína fibrosa desses componentes. O colágeno tipo I se destaca entre 27 tipos de colágenos existentes, sendo o mais presente em tecidos conectivos (GOMEZ-GUILLEN et al., 2011).

O colágeno é uma proteína macromolecular constituído de três cadeias α peptídicas de tamanhos iguais, contendo pequenas quantidades dos açúcares galactose e glucose (LIRA, 1997). Sua estrutura é estabilizada principalmente por pontes de hidrogênio intra e intermoleculares na cadeia, sendo o produto de uma repetição quase constante de Gly-X-Y; ou seja, aminoácidos glicina-prolinahydroxiprolina (ASGHAR; HENRICKSON, 1982). Nas regiões N-terminal e C-terminal não ocorre formação de tripla hélice, tendo em vista que são constituídas de lisina e hidroxilisina residuais (BATEMAN; LAMANDE; RAMSHAW, 1996).

Antes da extração do colágeno, realizada sob temperatura aproximada de 45°C, o mesmo deve ser pré-tratado com solução alcalina, a fim de quebrar as pontes não covalentes com o intuito de desorganizar a estrutura proteica, resultando no inchaço e solubilização do colágeno (STAINSBY, 1987; PRESTES et al., 2014, p. 1651). Como alternativa, utiliza-se um novo tratamento térmico, onde as pontes de hidrogênio e ligações covalentes são clivadas e ocorre a desestabilização da tripla-hélice (DJABOUROV; LECHAIRE; GAILL, 1993; GOMEZGUILLEN et al., 2002).

O colágeno apresenta inúmeras aplicações industriais, devido suas propriedades de baixa viscosidade em soluções aquosas, poder de emulsificação e estabilização. Além de apresentar-se isento de coloração e odor neutro (GOMEZ-GUILLEN et al., 2011; PRESTES et al., 2014).

Em produtos cárneos, o colágeno é acrescido com o intuito de substituição de gorduras, uma vez que proporciona melhorias no encolhimento dos produtos por sua grande ligação com a água, ele também contribui para a estabilidade das emulsões e da textura (HAM et al., 2016, p. 97).

2.4.4. Amido modificado

Importante polissacarídeo inserido nos produtos cárneos, possuindo diversas vantagens em sua utilização, como baixo custo, tecnologia conhecida e aceitabilidade por parte dos consumidores (NABESHIMA, 2008). Bastante utilizado especialmente como espessante, estabilizante, agente de textura e ligante de água ou de gordura. O amido é alcançado por várias fontes, especialmente cereais (milho e trigo), raízes e tubérculos (mandioca e batata) (WURLITZER; SILVA, 2015).

O amido apresenta-se em duas formas cristalinas, identificadas como A e B, diferem-se por suas proporções de amilopectina. O tipo A é normalmente encontrado em cereais, em contra partida o tipo B é observado em tubérculos e amidos com abundante amilopectina (FUENTES-ZARAGOZA et al., 2010, p. 932). As propriedades físico-químicas e funcionais do amido, são diretamente afetadas pela quantidade de amilose presente no grânulo (ALCAZAR-ALAY; MEIRELES, 2015, p. 216).

No momento da geleificação, ocorre o inchaço dos grânulos de amido com relação ao seu tamanho inicial, isto faz com que se rompam e consequentemente a amilose é expulsa do grânulo, formando a rede tridimensional. Portanto a capacidade de intumescência do amido é associada à quantidade de amilopectina presente, visto que a amilose atua como diluente e inibidora do intumescimento (SINGH et al., 2003, p. 226).

A entrada da água no grânulo permite a hidratação na fase amorfa, caracterizada como a região que possui as ligações de hidrogênio mais fracas, com isto ocorre a perda de cristalinidade e ordem molecular, resultando no processo de gelatinização. Esta interação molecular produzida após a gelatinização e resfriamento é chamada de pasta de amido ou retrogradação. Fase onde as moléculas de amilose apresentam-se associadas com unidades de glucose a fim de formar a dupla hélice, enquanto as moléculas de amilopectina irão cristalizar novamente através de associação de pequenas cadeias (ALCAZAR-ALAY; MEIRELES, 2015, p. 219).

Com a finalidade de melhorar as características do amido em seu uso industrial, há possibilidades de modificá-lo. Essas modificações podem influenciar suas propriedades de solubilidade, textura, adesão e tolerância a altas temperaturas. As formas de modificação podem ser físicas, químicas ou enzimáticas. Os métodos físicos utilizam o calor e umidade, as alterações químicas adicionam grupos funcionais dentro da molécula por reações de derivatizações, como esterificação, ligação cruzada, entre outras. E os métodos enzimáticos compõem reações de clivagem como, por exemplo, hidrólise e oxidação (ALCAZAR-ALAY; MEIRELES, 2015, p. 221).

2.5. OXIDAÇÃO LIPÍDICA

Em sistemas biológicos ou em alimentos é natural que ocorra a auto-oxidação de lipídios e a geração de radicais livres (BERSET, 1996). Objetivando a proteção das células contra os danos oxidativos existem biomecanismos de defesa, que abrangem enzimas e

vitaminas. Mesmo que estes mecanismos de defesas internas sejam efetivos, não possuem total adesão e normalmente há formações de espécies reativas de oxigênio e nitrogênio (ROS/RNS), as quais irão interagir com o ambiente celular antes de serem excretadas (CERQUEIRA et al, 2007).

A oxidação de lipídeos apresenta-se em três estágios: iniciação, propagação e terminação. Durante a primeira fase observa-se a abstração de um átomo de hidrogênio alílico à dupla ligação na molécula de ácidos graxos insaturados, por meio de um iniciador, por exemplo, calor ou metais, resultando na geração de um radical livre. Na fase de propagação, inicia-se a reação dos radicais livres com o oxigênio muscular, e há formação dos radicais peroxila e alcóxila, que futuramente irão reagir com outras moléculas de ácidos graxos insaturados para a formação de hidroperóxidos. E por fim, na fase de terminação, aparecem as reações entre os diferentes radicais, com a geração de compostos não radicalares e estáveis.

Pesquisas apontam que os métodos de cocção possam ter relação com o aumento da oxidação do colesterol, alguns tipos de tratamento térmico são capazes de modificar os valores nutricionais dos alimentos, com relação ao alimento in natura, através da alteração da composição dos ácidos graxos (ECHARTE et al., 2003).

O aquecimento da carne também pode provocar alterações nas gorduras, resultando na formação de aromas para cada tipo de carne. Afeta sua textura pelas alterações estruturais das proteínas miofibrilares, alteração do pH e capacidade de retenção de água, redistribuição de gordura e alteração do tecido conectivo. Todas essas alterações também estão ligadas à espécie do animal, sua alimentação, idade e sexo, bem como seu estado físico (maior ou menor teor de glicogênio) antes do abate. As formas de calor que serão empregadas nesse processo térmico (calor úmido, seco, direto ou misto) irão influenciar diretamente nas características sensoriais do produto cárneo (BOBBIO; BOBBIO, 2001).

2.6. ANTIOXIDANTES

Os antioxidantes constituem a parte essencial na defesa contra a oxidação lipídica. Os sistemas de proteção contra oxidação estão altamente associados a integridade e ruptura dos tecidos, consequentes do processamento de alguns alimentos (BRANER et al., 2002).

Compostos que tenham função de inibir ou retardar os processos oxidativos são chamados de antioxidantes. Sua classificação oscila entre primários e secundários,

dependendo do mecanismo que ele irá atuar na oxidação lipídica, ou seja, na reação em cadeia dos radicais livres (REISCHE et al., 2002).

Os antioxidantes primários controlam a propagação da reação em cadeia, inativando os radicais livres. Os secundários, ou preventivos, irão controlar a oxidação através mecanismos paralelos, tais como: quelantes de metais, inativadores de oxigênio ou sequestradores de oxigênio. Os carotenoides, por exemplo, constituem uma classe de antioxidantes considerados como inativadores de oxigênio, podendo também atuar sobre as reações de peroxidação lipídica (KOLAKOWSKA, 1991).

Na classe de antioxidantes sintéticos, os amplamente utilizados em alimentos são butilhidroxianisol (BHA), butilhidroxitolueno (BHT), propilgalato (PG) e terc-butil hidroquinona (TBHQ), os quais atuam doando um átomo de hidrogênio para o radical livre. Porém com a busca crescente dos consumidores por produtos naturais, em virtude da preocupação com a saúde, o uso de condimentos ou ervas aromáticas em substituição aos antioxidantes sintéticos estão sendo estudados (RAMALHO; JORGE, 2006).

Extratos de ervas ou plantas com alta concentração de compostos fenólicos, capacidade de doação de elétrons e quebra de cadeia reacional, podem ser considerados como antioxidantes naturais (BRANEN et al., 2002).

2.7. ERITORBATO DE SÓDIO

O ácido eritórbito e o eritorbato de sódio são estereoisômeros do ácido ascórbico e ascorbato de sódio, seu mecanismo de impedir a oxidação é através da desativação de oxigênio singlete, doação de átomos de hidrogênio e como agente redutor (REISCHE et al., 2002).

Faustman et al. (2006) avaliaram uma mistura do extrato de alecrim e eritorbato de sódio em carne suína e de peru enriquecidas com ácido graxo poli-insaturado e observaram através dos valores de TBARS e determinação de peróxidos, que a combinação de antioxidantes naturais e sintéticos conferiu proteção ao ácido graxo adicionado. Mancini et al. (2007) estudando o efeito do eritorbato de sódio e do ácido ascórbico (0%, 0,05%, 0,1%, 0,5%, 1,0% ou 1,5%) em *Longissimus lumborum* empacotada em atmosfera com alto teor de oxigênio, conclui através de avaliação na coloração que o eritobarto de sódio pode também ser um substituto para o ácido ascórbico ($L^*a^*b^*$).

Baggio e Bragagnolo (2006) não identificaram a presença de óxidos de colesterol em 7 produtos processados de carne de frango, atribuindo este efeito ao eritorbato de sódio, descrito na embalagem. Outro estudo de Baggio e Bragagnolo (2008) analisando 126 amostras de produtos cárneos bovinos, suínos e mistos, detectaram apenas 4 amostras contendo baixos teores de 7- cetocolesterol, justificando essa reduzida oxidação à presença do eritorbato de sódio presente na composição dos produtos.

2.8. ASTAXANTINA

Pertencente ao grupo dos carotenoides, a astaxantina possui coloração vermelho-alaranjada, é uma xantofila amplamente distribuída na natureza e presente em animais marinhos (MIAO et al., 2006; KUSDIYANTINI et al., 1998). Constitui um dos principais pigmentos da família dos carotenóides, conferindo a coloração característica de alguns pássaros, crustáceos e peixes (JOHNSON; AN, 1991). Além disso, nos animais aquáticos, a astaxantina possui funções biológicas como proteção contra oxidação de ácidos graxos poliinsaturados essenciais, proteção contra efeitos da luz UV e aumento da resposta imunológica (LORENZ; CYSEWSKI, 2000).

A origem de sua nomenclatura deriva do gênero de caranguejo *Astacus astacus* e é quimicamente conhecida como 3,3'-dihidroxi- β,β -caroteno-4,4'-diona, apresentando 40 átomos de carbono ($C_{40}H_{52}O_4$), duas funções álcool e duas cetonas em sua configuração (RENSTROM et al., 1981). O fato de apresentar finais hidroxila e cetona em cada anel ionona define algumas características como sua possibilidade de ser esterificada, seu elevado poder antioxidante e sua configuração mais polar que outros carotenóides (GUERIN et al., 2003).

Em sua forma pura e cristalina, apresenta-se como um pó fino de coloração escura violeta-amarronzada, peso molecular de 596,9 daltons com ponto de fusão aproximado de 224 °C (RENSTROM et al., 1981). Pode ser dissolvida a temperatura ambiente em diclorometano, clorofórmio, acetona e outros solventes não polares (JOHNSON; AN, 1991).

A astaxantina na forma livre apresenta-se instável e sensível a fatores como luz, oxigênio, acidez e calor (GUERIN et al., 2003). Quando exposta a essas condições, torna-se susceptível a inúmeras conversões oxidativas, processos degradativos, ou isomerizações que alterem a absorção de luz e a intensidade de coloração (LATSCHA, 1990; STOREBAKKEN et al., 2004).

O aumento da demanda por pigmentos naturais conferiu a este carotenoide um elevado interesse científico e comercial, tendo várias perspectivas de aplicação em indústrias farmacêuticas, cosmética, alimentícia e de ração animal (GUERIN et al., 2003). Porém o maior consumo de astaxantina atualmente ainda se enquadra na indústria de rações para aquicultura, como pigmentação para crustáceos e peixes, principalmente salmão e truta (OLAIZOLA, 2003; VISSER et al., 2003).

Alguns animais marinhos como salmão, camarão e lagostas são incapazes de sintetizar astaxantina, e necessitam que esta seja implementada em sua dieta para obterem a coloração desejada e de melhor atração pelo mercado consumidor (JOHNSON; AN, 1991; OROSA et al., 2005; VISSER et al., 2003; GUERIN et al., 2003). Em meio ambiente marinho, ela pode ser biossintetizada em cadeia alimentar por microalgas e fitoplânctons (LORENZ; CYSEWSKI, 2000).

Em meados de 1990 as características antioxidantes da astaxantina tornaram-se bem estabelecidas (OLAIZOLA, 2003; SCHROEDER; JOHNSON 1995). Estudos *in vitro* e em animais modelo elucidaram numerosas funções da astaxantina no tratamento e prevenção de doenças (GUERIN et al., 2003; MAHMOUD et al., 2004). Essas pesquisas influenciam na possibilidade de novos mercados para a astaxantina nas indústrias farmacêuticas e de alimentos (MIAO et al., 2006; HUI et al., 2005).

Pesquisas apontam que devido sua estrutura, a astaxantina consiste em um eliminador de oxigênio singlete e radicais peróxil mais potente que o betacaroteno, cantaxantina e zeaxantina (PALOZZA; KRINSKY, 1992, BASF, 2006) e ultrapassa os benefícios antioxidantes das vitaminas C e E (LORENZ e CYSEWSKI, 2000; BASF, 2006, PALOZZA; KRINSKY, 1992).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O projeto foi dividido em duas etapas. A primeira etapa objetivou identificar o hidrocoloide que proporcionasse melhores condições físico-químicas no produto cárneo. A segunda etapa teve como objetivo avaliar e comparar o efeito da astaxantina e do eritorbato de sódio sobre o controle oxidativo do produto cárneo termoprocessado.

3.1. AMOSTRAS DE CARNE

Nas duas etapas, amostras de carne bovina (*Vastus lateralis*), popularmente conhecido como patinho bovino, foram adquiridas em açougue da cidade de Curitiba-PR. As amostras foram formatadas em cubos de aproximadamente 25 gramas e acondicionadas (duas unidades) em embalagem de polipropileno.

3.2. HIDROCOLOIDES

Os hidrocoloides utilizados neste trabalho foram: carragena (CGN), proteína isolada de soja (PIS), colágeno (COL) e amido modificado (AMD) para suportar temperaturas elevadas, todos cedidos pela empresa Globalfood®.

3.3. REAGENTES

Os reagentes utilizados nas análises apresentaram de grau de pureza padrão analítico.

3.4. PREPARO DAS AMOSTRAS

As soluções de hidrocoloides (amido modificado, proteína isolada de soja, colágeno e carragena) foram elaboradas em concentrações de 0,5% e 1%. Adicionou-se então 5% e 10% de NaCl às soluções injetadas nos cubos. Os mesmos mantiveram-se imersos na solução excedente por doze horas sob refrigeração a 1 °C. Após este período os cubos foram pesados novamente e submetidos à tratamento térmico a 85 °C por 60 segundos. Por fim, as amostras foram avaliadas quanto ao ganho de massa e perda por cocção, conforme métodos que serão descritos a seguir.

3.5. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Para a primeira etapa, o Delineamento Composto Central (DCC) foi aplicado na forma 3^2 (dois fatores e três níveis), incorporando fatores e níveis correspondentes à imersão do produto cárneo em soluções com concentrações de sal de 0%, 5% e 10%, e concentrações de hidrocoloide de 0%, 0,5% e 1%. As combinações resultantes dos diferentes fatores e níveis

para cada hidrocoloide são apresentadas na Tabela 1. Experimentos para cada combinação de fatores e níveis foram replicados seis vezes. O DCC foi aplicado para os quatro diferentes tipos de hidrocoloides.

TABELA 1 – COMBINAÇÕES RESULTANTES DOS DIFERENTES FATORES E NÍVEIS PARA O DCC.

Amostra	Concentração de sal (%)	Concentração de hidrocoloide (%)
1 (controle)	0	0,0
2	5	0,0
3	10	0,0
4	0	0,5
5 (ponto central)	5	0,5
6	10	0,5
7	0	1,0
8	5	1,0
9	10	1,0

FONTE: A autora (2019).

3.6. ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

3.6.1. Umidade

A determinação de umidade foi realizada em estufa a 105 °C, calculada pela diferença da massa antes e após desidratação até peso constante (AOAC, 2005).

3.6.2. Proteínas

A determinação de proteínas foi realizada segundo o método de Kjeldhal adotando-se o fator 6,25 para conversão do nitrogênio (AOAC, 2005).

3.6.3. Lipídios

Para determinação de lipídios, empregou-se a extração em Soxhlet, utilizando-se éter de petróleo e determinando-se a quantidade de lipídeos por diferença de massa (AOAC, 2005).

3.6.4. Resíduo mineral fixo

A determinação de resíduo mineral fixo foi realizada através de incineração em mufla a temperatura de 540-550 °C, determinando-se a quantidade de resíduo mineral fixo por diferença de massa (AOAC, 2005).

3.6.5. Atividade de água (Aa)

A Aa foi determinada utilizando o aparelho Acqualab-Decagon Devices Inc., modelo CX-2 com temperatura controlada à 25 °C (± 1 °C).

3.6.6. Oxidação lipídica

A oxidação lipídica foi avaliada utilizando a metodologia de substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico (TBARS), onde o complexo de cor rósea formado pela condensação de dois moles de ácido 2-tiobarbitúrico com substâncias reativas a ele é analisado por espectrofotômetro à 532nm (TORRES et al., 1989; MADSEN et al., 1996). Para isso pesou-se 10 g de amostra moída, adicionados 98 mL de água destilada, 2 mL de ácido clorídrico 4M, 2 gotas de solução anti-espumante (twin + spam) e pérolas de vidro. A solução resultante foi destilada em um aparelho de destilação de Friedrich modificado e chapa aquecedora, sendo coletados 50 mL em erlenmeyer de 125 mL. As análises foram feitas em triplicatas. Após a destilação de todas as amostras, 5mL do destilado foi pipetado em tubo de ensaio, seguido de adição de 5 mL de TBA 0,02 M, e aquecimento em banho-maria por 35 minutos, resfriado e feita a leitura em espectrofotômetro. As leituras foram transformadas em concentração de mol de TBARS por meio da equação de reta da curva previamente estabelecida e então multiplicadas pelo fator de conversão determinado experimentalmente, obtido a partir da curva padrão. Os resultados foram expressos em MG de TBARS/kg de produto.

3.7. AVALIAÇÃO DA FORÇA DE CISALHAMENTO POR WARNER-BLATZLER E PERFIL DE TEXTURA (TPA)

A força de cisalhamento e TPA foram avaliadas com o texturômetro Brookfield CT3 Texture Analyzer. Para força de cisalhamento, seccionou-se os cubos em cilindros de 1,27 cm de diâmetro, 2,5 cm de comprimento (WHEELER et al, 1997). Para cada tratamento foram realizadas análises em 8 cubos. O texturômetro foi equipado com o acessório “Warner-Blatzler”, lâmina com corte V invertido, sendo pressionado em direção transversal em relação à fibra do músculo (WHEELER, et al 1997). Os seguintes parâmetros foram adotados: 200 mm/minuto, 0,01 N força pré-análise e distância igual ao diâmetro/comprimento da amostra (1,27 cm). Os resultados foram expressos como força máxima de cisalhamento em Newtons (N).

As análises de textura foram realizadas conforme a metodologia de PALKA e DAUN (1999 p. 238): 8 cubos medindo 20x20x20 mm (comprimento, altura, largura) foram avaliados utilizando probe cilíndrico de 113 mm², com velocidade de 1 mm/s, força final de compressão 50%, força de sensibilidade de superfície 0,01 N, e com intervalo entre a primeira e segunda compressão de 1 segundo. Avaliou-se os parâmetros de dureza, coesividade, elasticidade e mastigabilidade. Calculou-se os resultados conforme a metodologia descrita por Trinh e Glasgow (2012) e Morey e Owens (2017).

3.8. ANÁLISE SENSORIAL

A análise sensorial (aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos do Setor de Ciências da Saúde/UFPR- Parecer CEP/SD- PB n. 2.923.140) foi realizada com 30 provadores não treinados, realizando os testes triangular e de preferência. Para o teste triangular os provadores receberam 3 amostras cada, de forma aleatorizada, sendo duas de composição iguais e uma diferente. As análises foram realizadas em cabines individuais sob luz branca, em recipiente codificado e os provadores apontaram a amostra que se diferenciava quanto à presença dos hidrocolóides.

No teste de preferência os provadores receberam 3 amostras cada, de forma aleatorizada, a fim de apontar qual amostra os mesmos obtiveram maior preferência em

ordem crescente (do menor ao maior) sendo uma amostra o controle, uma tratada somente com carragena e outra tratada com carragena e astaxantina.

3.9. ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

As amostras foram submetidas as análises microbiológicas para os testes sensoriais, observando os parâmetros estabelecidos pela Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) n° 12, de 02 de janeiro de 2001 (BRASIL, 2003).

3.10. CÁLCULOS DE PARÂMETROS

3.10.1. Ganho de Massa

O ganho de massa (GM) pode ser calculado conforme a Equação (1), em que m_i é a massa inicial do produto e m_{pi} é a massa do produto pós-injeção.

$$GM = \frac{(m_{pi} - m_i) \times 100}{m_i} \quad (1)$$

3.10.2. Perdas por cocção

As perdas por cocção (PC) foram expressas em porcentagem de massa perdida após a cocção em relação à massa inicial pós-injeção (Honikel, 1998), conforme a Equação (2), em que m_{pi} é a massa do produto pós-injeção e m_{pc} é a massa do produto pós-cocção.

$$PC = \frac{(m_{pi} - m_{pc}) \times 100}{m_{pi}} \quad (2)$$

3.10.3. Variação total de massa

O cálculo da variação total de massa (VT) foi realizado subtraindo-se a massa inicial (m_i) pela massa final pós-cocção (m_{pc}), e dividindo pela massa inicial (m_i), conforme a Equação (3).

$$VPT = \frac{(m_{pc} - m_i) \times 100}{m_i} \quad (3)$$

3.10.4. Adição do antioxidante

Selecionado o hidrocoloide, formatou-se novamente cubos de aproximadamente 25 gramas, para injeção de soluções salinas de hidrocoloide e antioxidante. Os seguintes tratamentos foram utilizados: controle (água + cloreto de sódio); tratamento 1 (água + cloreto de sódio + carragena); tratamento 2 (água + cloreto de sódio + hidrocoloide escolhido + eritorbato) ; tratamento 4 (água + cloreto de sódio + hidrocoloide escolhido + astaxantina). Nas seguintes proporções: a água foi mensurada como 60% do peso total do cubo, a carragena e o cloreto de sódio como 5 %, e os antioxidantes (carragena e eritorbato) foram utilizados na proporção de 150 ppm.

3.10.5. Análise Estatística

Todos os resultados foram submetidos à uma análise de variância (ANOVA) e comparação de médias usando o teste Tukey com 5% de significância, para isso foi empregado o *software* Statistica® 8.0 (StatSoft Inc., Tulsa OK/USA). Valores de médias e desvio padrão foram calculados utilizando o *software* Microsoft Excel® 2016 (Redmond, WA/USA).

O modelo de superfície de resposta com termos lineares, quadráticos e interações (β), conforme Equação (4), foi ajustado aos dados experimentais para descrever a resposta (Y) (ganho de massa (GM) e perdas por cocção (PC)) em função da concentração de hidrocoloide (H) e de sal (S), ambos em valores percentuais.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 H + \beta_2 S + \beta_{11} H^2 + \beta_{22} S^2 + \beta_{12} HS + \epsilon \quad (4)$$

O ajuste do modelo de superfície de resposta foi realizado com o *software* R versão 3.5.3 (Murray Hill, KY/USA). Os cálculos dos valores críticos do modelo (percentuais de sal e hidrocoloide) que levam às menores perdas por cocção e maiores ganho de massa para seleção do melhor hidrocoloide foram realizados com derivadas parciais da resposta do modelo em relação aos parâmetros.

A qualidade dos ajustes do modelo aos dados experimentais foi avaliada com o cálculo dos índices estatísticos coeficiente de determinação (R^2) e soma quadrática dos

resíduos (*RSE*), conforme Equações (5) e (6), respectivamente, onde y_p são os valores preditos pelo modelo, y_e são os dados experimentais, \bar{y}_e é a média dos dados experimentais e n é o número de dados experimentais.

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_{p,i} - \bar{y}_e)^2}{\sum_{i=1}^n (y_{e,i} - \bar{y}_e)^2} \quad (5)$$

$$RSE = \sum_{i=1}^n (y_{p,i} - y_{e,i})^2 \quad (6)$$

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DA MATÉRIA-PRIMA CÁRNEA

Os valores obtidos na caracterização da matéria-prima (Tabela 2) seguiram médias similares a outros trabalhos apresentados na literatura utilizando o mesmo corte comercial (*Vastus lateralis*) popularmente conhecido como patinho bovino (YOUSSEF et al., 2007, p. 721).

TABELA 2: COMPOSIÇÃO QUÍMICA CENTESIMAL DA MATÉRIA-PRIMA CÁRNEA.

Parâmetro (%)	Média ± DP
Umidade	74,60 ± 0,002
Lipídeos	4,56 ± 0,004
Proteínas	18,32 ± 0,300
Resíduo Mineral	2,56 ± 0,001

Valores expressos com média ± desvio padrão.

FONTE: A autora (2019).

A heterogeneidade da matéria-prima é um fator de suma importância quando se trata de produtos cárneos. Visto que os resultados obtidos são influenciados pela genética do animal, pelo corte bovino a ser escolhido, o preparo da amostra, entre outros. Para atingir um menor desvio nos resultados, é necessário um controle rigoroso sobre esses fatores mencionados (GUNTENSPERGER; ESCHER, 1994).

4.2. PARÂMETROS DOS PROCESSOS DE TRATAMENTO DA AMOSTRA

4.2.1. Análises do ganho de massa, das perdas por cocção e da variação total de massa dos produtos cárneos tratados com soluções salinas de hidrocoloides

Os resultados do ganho de massa, das perdas por cocção e da variação total de massa das amostras cárneas nos diferentes tratamentos são apresentados na Tabela 3.

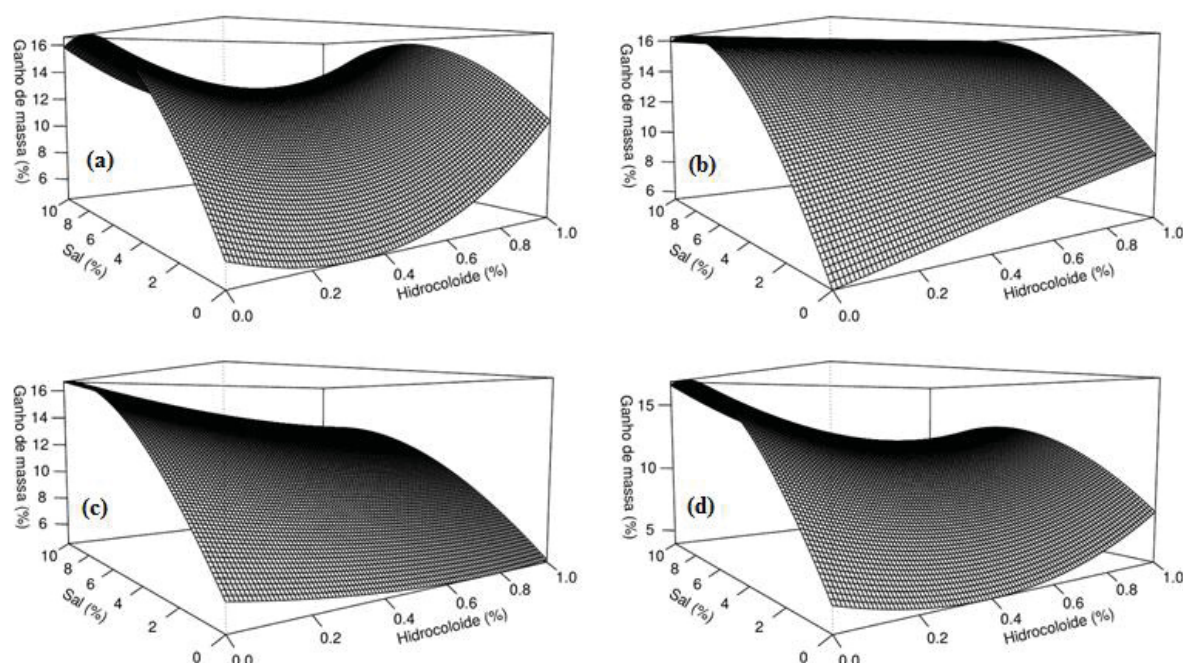
TABELA 3 – RESULTADOS DO GANHO DE MASSA, DAS PERDAS POR COCÇÃO E DA VARIAÇÃO TOTAL DE MASSA DAS AMOSTRAS DE CARNE NOS DIFERENTES TRATAMENTOS TESTADOS.

Amostra	Tipo de Hidrocoloide	Hidrocoloide (%)	Sal (%)	Ganho de massa (%)	Perdas por cocção (%)	Variação total de massa (%)
1	Nenhum (controle)	0,0	0	6,04	40,35	-36,37
2	Nenhum	0,0	5	14,49	16,59	-4,66
3	Nenhum	0,0	10	16,24	18,06	-4,76
4	Amido modificado	0,5	0	5,67	34,46	-30,86
5	Amido modificado	0,5	5	11,66	12,88	2,64
6	Amido modificado	0,5	10	10,96	12,96	-3,96
7	Amido modificado	1,0	0	9,89	38,06	-36,13
8	Amido modificado	1,0	5	17,50	17,91	-11,86
9	Amido modificado	1,0	10	12,16	16,53	-10,19
10	Carragena	0,5	0	6,05	36,42	-32,59
11	Carragena	0,5	5	15,55	11,67	3,15
12	Carragena	0,5	10	15,01	11,99	1,02
13	Carragena	1,0	0	10,26	31,45	-24,91
14	Carragena	1,0	5	14,97	12,47	1,05
15	Carragena	1,0	10	15,30	11,43	0,64
16	Colágeno	0,5	0	4,18	40,41	-38,34
17	Colágeno	0,5	5	12,18	17,17	-11,50
18	Colágeno	0,5	10	14,51	17,93	-7,19
19	Colágeno	1,0	0	5,33	41,48	-39,72
20	Colágeno	1,0	5	10,94	19,47	-14,04
21	Colágeno	1,0	10	12,79	15,56	-7,16
22	Proteína isolada	0,5	0	2,82	39,02	-37,25
23	Proteína isolada	0,5	5	12,19	18,69	-10,55
24	Proteína isolada	0,5	10	11,81	17,23	-11,33
25	Proteína isolada	1,0	0	8,51	38,95	-36,80
26	Proteína isolada	1,0	5	12,47	18,49	-12,10
27	Proteína isolada	1,0	10	10,50	17,12	-8,41

FONTE: A autora (2019).

O ajuste do modelo de superfície de resposta aos dados de ganho de massa apresentou resultados estatísticos satisfatórios para todos os casos (de acordo com os valores de R^2 e RSE). Os coeficientes estimados no ajuste do modelo aos dados experimentais de ganho de massa e os índices estatísticos resultantes são apresentados na Tabela 4, e as superfícies de resposta do ganho de massa (GM) em produto cárneo em função dos diferentes fatores (adição percentual de sal e de hidrocoloide) são apresentados na Figura 1.

FIGURA 1 – SUPERFÍCIES DE RESPOSTA DO GANHO DE MASSA (GM) EM PRODUTO CÁRNEO COM ADIÇÃO DE SOLUÇÃO SALINA E COM ADIÇÃO DE: (A) AMIDO, (B) CARRAGENA, (C) COLÁGENO E (D) PROTEÍNA ISOLADA.



FONTE: A autora (2019).

TABELA 4 – COEFICIENTES ESTIMADOS NO AJUSTE DO MODELO AOS DADOS EXPERIMENTAIS DE GANHO DE MASSA E ÍNDICES ESTATÍSTICOS RESULTANTES.

Hidrocoloide	Coeficientes						Índices estatísticos	
	β_0	β_1	β_2	β_{11}	β_{22}	β_{12}	R^2	RSE
Amido	5,851	-8,268	2,744	13,16	-0,176	-0,793	0,965	1,244
Carragena	5,760	1,113	2,473	2,720	-0,141	-0,516	0,976	1,048
Colágeno	6,011	-3,927	2,145	2,727	-0,108	-0,274	0,991	0,705
Proteína isolada	5,431	-7,398	2,609	9,740	-0,149	-0,821	0,970	1,177

FONTE: A autora (2019).

O partir dos resultados do modelo podemos afirmar que, para todos os hidrocoloides testados, a adição de sal resulta em um aumento no ganho de massa até uma determinada

quantidade crítica, diferente para cada concentração de hidrocoloide, conforme apresentado na Tabela 5. A partir dos valores críticos, a adição de sal resulta em diminuição no ganho de massa. Portanto, os percentuais de sal críticos indicados na Tabela 5 são aqueles que resultam nos maiores ganhos de massa para cada tipo e percentual de hidrocoloide. Analisando as interações entre o percentual de hidrocoloide e o percentual de sal, quanto maior o percentual de hidrocoloide adicionado, menor é o percentual de sal que leva ao ganho de massa ótimo.

TABELA 5 – PERCENTUAIS DE HIDROCOLOIDE CRÍTICOS QUE RESULTAM NOS MAIORES GANHOS DE MASSA PARA CADA TIPO E PERCENTUAL DE HIDROCOLOIDE.

Hidrocoloide (%)	Amido	Carragena	Colágeno	Proteína isolada
0	7,80%	8,77%	9,93%	8,76%
0,5	6,67%	7,85%	9,30%	7,38%
1,0	5,54%	6,94%	8,66%	6,00%

FONTE: A autora (2019).

A partir dos resultados do modelo podemos afirmar também que, para todos os casos, a adição de hidrocoloide leva à diminuição no ganho de massa até uma determinada quantidade crítica, diferente para cada concentração de sal, conforme apresentado na Tabela 6. A partir dos valores críticos, a adição do hidrocoloide resulta no aumento do ganho de massa. Portanto, os percentuais de hidrocoloide indicados na Tabela 6 são aqueles que resultam nos menores ganhos de massa para cada tipo de hidrocoloide e concentrações de sal. Analisando as interações entre o percentual de hidrocoloide e o percentual de sal, quanto maior o percentual de sal adicionado, maior é o percentual de hidrocoloide que leva ao menor ganho de massa.

TABELA 6 – PERCENTUAIS DE HIDROCOLOIDE QUE RESULTAM NOS MENORES GANHOS DE MASSA PARA CADA TIPO DE HIDROCOLOIDE E CONCENTRAÇÕES DE CLORETO DE SÓDIO.

NaCl (%)	Amido	Carragena	Colágeno	Proteína isolada
0	0,31%	-0,20%*	0,72%	0,38%
5	0,46%	0,27%	0,97%	0,59%
10	0,62%	0,74%	1,22%*	0,80%

*Extrapolação do modelo (fora do domínio analisado)

FONTE: A autora (2019).

As interações entre as concentrações de cloreto de sódio e hidrocoloides, demonstraram ganho de massa decorrente da adição de soluções salinas em todos os casos. Isto ocorre devido à capacidade das proteínas miofibrilares, principalmente a actina e miosina,

possuírem o poder de solubilização em soluções salinas, permitindo retenção de água e aumento no rendimento dos produtos cárneos, originando o efeito *salting-in*, resultante da ação do sal sobre as atrações eletrostáticas, a fim de estabilizar os grupos com cargas na superfície das proteínas. (GARCIA et al, 2013).

4.2.2. Análise da perda por cocção em produtos cárneos tratados com soluções salinas de hidrocoloides

Os resultados dos ganhos de massa e das perdas por cocção das amostras de carne nos diferentes tratamentos testados são apresentados na Tabela 3.

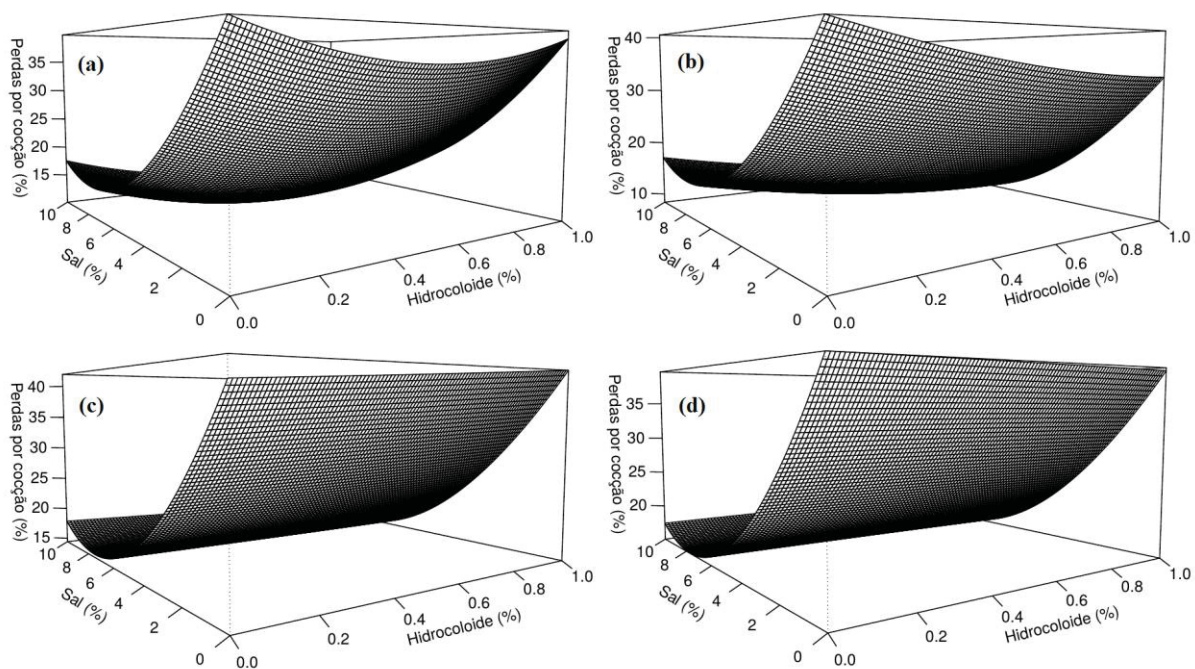
O ajuste do modelo de superfície de resposta aos dados de perdas por cocção apresentou resultados estatísticos satisfatórios para todos os casos (de acordo com os valores de R^2 e RSE). Os coeficientes estimados no ajuste do modelo aos dados experimentais das perdas por cocção e os índices estatísticos resultantes são apresentados na Tabela 7, e as superfícies de resposta das perdas por cocção (PC) em produto cárneo em função dos diferentes fatores (adição percentual de sal e de hidrocoloide) são apresentados na Figura 2.

TABELA 7 – COEFICIENTES ESTIMADOS NO AJUSTE DO MODELO AOS DADOS EXPERIMENTAIS DAS PERDAS POR COCÇÃO E ÍNDICES ESTATÍSTICOS RESULTANTES.

Hidrocoloide	Coeficientes					Índices estatísticos		
	β_0	β_1	β_2	β_{11}	β_{22}	β_{12}	R^2	RSE_{se} \bar{r}
Amido	39,724	-19,147	-6,592	17,933	0,438	0,076	0,996	1,087
Carragena	40,482	-14,478	-6,888	6,793	0,455	0,227	0,991	1,766
Colágeno	39,615	1,992	-6,664	0,327	0,449	-0,363	0,995	1,381
Proteína isolada	39,611	-0,163	-6,433	-0,213	0,421	0,046	0,995	1,207

FONTE: A autora (2019).

FIGURA 2 – SUPERFÍCIES DE RESPOSTA DAS PERDAS POR COCÇÃO (PC) EM PRODUTO CÁRNEO COM ADIÇÃO DE SOLUÇÃO SALINA E COM ADIÇÃO DE: (A) AMIDO, (B) CARRAGENA, (C) COLÁGENO E (D) PROTEÍNA ISOLADA.



FONTE: A autora (2019).

O partir dos resultados do modelo podemos afirmar que, para todos os hidrocoloídes testados, a adição de sal diminuiu as perdas por cocção até uma determinada quantidade crítica, que é diferente para cada concentração de hidrocoloíde, conforme apresentado na Tabela 8. A partir dos valores críticos, a adição de sal resulta no aumento das perdas por cocção. Portanto, os percentuais de sal indicados na Tabela 8 são aqueles que resultam nas menores perdas por cocção para cada tipo de hidrocoloíde. Analisando as interações entre o percentual de hidrocoloíde e o percentual de sal, quanto maior o percentual de hidrocoloíde adicionado, menor é o percentual de sal que leva às menores perdas por cocção.

A adição de cloreto de sódio diminuiu as perdas por cocção com todos os hidrocoloídes testados, devido às proteínas miofibrilares estarem solubilizadas às soluções salinas, evitando a perda de água (efeito “salting-in”). Porém, observando o comportamento da proteína isolada, pode-se notar que o aumento das concentrações salinas resultou em elevadas perdas por cocção. Devido ao excesso de cloreto de sódio presente no produto cárneo, ocorre uma desnaturação proteica, conhecida como “salting-out”. (RAMOS, 2004).

TABELA 8 – PERCENTUAIS DE HIDROCOLOIDES CRÍTICOS QUE RESULTAM NAS MENORES PERDAS POR COCÇÃO PARA CADA TIPO E PERCENTUAL DE HIDROCOLOIDE.

Hidrocoloide (%)	Amido	Carragena	Colágeno	Proteína
0	7,53%	7,57%	7,42%	7,64%
0,5	7,48%	7,44%	7,62%	7,61%
1,0	7,44%	7,32%	7,83%	7,59%

FONTE: A autora (2019).

O partir dos resultados do modelo podemos afirmar também que a adição de hidrocoloides teve diferentes comportamentos em relação às perdas por cocção. Para amido, carragena, e proteína isolada, a adição do hidrocoloide levou à diminuição das perdas por cocção até quantidades críticas indicadas na Tabela 8. Para o colágeno, a adição do hidrocoloide levou ao aumento das perdas por cocção em todo o intervalo testado (de 0% a 1%).

TABELAS 9 – PERCENTUAIS DE CLORETO DE SÓDIO QUE RESULTAM NAS MENORES PERDAS POR COCÇÃO PARA CADA TIPO E CONCENTRAÇÕES DE HIDROCOLOIDE.

NaCl (%)	Amido	Carragena	Colágeno	Proteína
0	0,53%	1,07%*	-3,05%*	-0,38%*
5	0,52%	0,98%	-0,27%*	0,16%
10	0,51%	0,90%	2,50%	0,70%

*Extrapolação do modelo (fora do domínio analisado)

FONTE: A autora (2019).

Sob ação do calor, o colágeno sofre gelatinização e suas fibras tendem a encolher de 1/3 a 1/4 do seu comprimento inicial, quando a temperatura se aproxima de 60 °C, este fator influi sobre sua ação na retenção de água do produto cárneo. Para as fibras naturais do colágeno apresentarem uma alta capacidade de retenção de água, e melhora no rendimento após cocção, a carne deve ser cozida em uma faixa de temperatura entre 50 a 60 °C (BUENO, 2008).

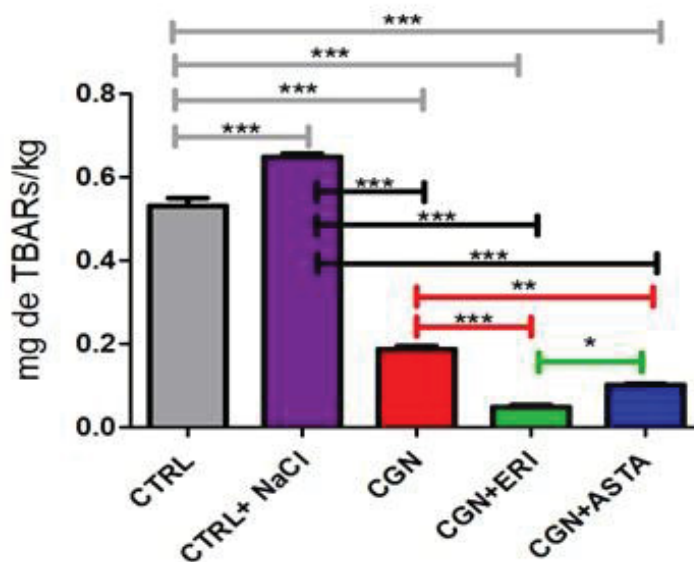
Donatus e Xiong (2001) relatou ao observar a interação entre as proteínas miofibrilares e a proteína isolada de soja, que a formação de agregados com a miosina ocorre em temperatura máxima de 50 °C. Atribuindo este resultado à interação da miosina com a β conglucina e também com peptídeos da soja derivados da hidrólise enzimática, possibilitando a formação de agregados insolúveis de proteína. Portanto, ao utilizarmos temperaturas próximas à 80 °C não foi possível um bom aproveitamento deste hidrocoloide.

O amido e a carragena demonstraram as menores perdas sob cocção. O amido destaca-se além do baixo custo, a alta capacidade de retenção de água devido a grande afinidade com as moléculas de água presentes no produto. A carragena, demonstrou os ganhos maiores e menores perdas consecutivamente. Devido ao seu diferencial de gelatinização térmica reversível, ou seja, possuir a capacidade de se dissolver totalmente no produto cárneo e se gelatinizar quando resfriada, aumentando sua retenção de água, textura e consistência dos produtos cárneos (PEDROSO; DEMIATE, 2008).

4.3. AVALIAÇÃO DO POTENCIAL ANTIOXIDANTE

Os valores de oxidação lipídica entre controle, controle com NaCl (5%) e os tratamentos com hidrocoloides (+5% NaCl) e antioxidantes (+5% NaCl) estão representados na Figura 3.

FIGURA 3 – COMPARAÇÃO DO EFEITO ANTIOXIDANTE DE PRODUTOS CÁRNEOS TRATADOS COM SOLUÇÕES SALINAS DE HIDROCOLOIDES E ANTIOXIDANTES.



Carragena (CGN), Eritorbato (ERI) e Astaxantina (ASTA). Anova One-way seguido de tukey, significativo quando $p \leq 0.05$. * $p \leq 0.05$, ** $p \leq 0.01$ e *** $p \leq 0.001$; (n=3).

FONTE: A autora (2019).

O cloreto de sódio proporcionou um aumento oxidativo do produto cárneo quando comparado ao controle tratado sem solução salina. Devido ao fato do cloreto de sódio e outros sais de cura, acelerarem a oxidação dos lipídeos (JUNIOR et al, 2013). No entanto, todos os demais tratamentos mostraram-se efetivos contra a oxidação. A carragena apresentou uma ação antioxidante quando comparada aos controles, acredita-se que sua interação positiva com as proteínas solúveis em soluções salinas, aprisionando mais água no interior do produto ofereça mais proteção aos lipídios, apesar de não se tratar de um antioxidante em literatura, possa atrasar ou inibir as taxas de oxidação (CABRAL et al, 2011).

Os tratamentos compostos por eritorbato+carragena demonstraram baixo valor oxidativo. As amostras tratadas com astaxantina+carragena apresentaram um potencial antioxidante similar às amostras tratadas com o eritorbato, sendo justificada pela elevada quantidade de carotenoides presentes em sua composição. Evidenciando a substituição de antioxidantes sintéticos por naturais como a astaxantina, uma alternativa para os consumidores que buscam uma alimentação saudável (PIVOTTO, 2011).

4.4. DETERMINAÇÃO DA ATIVIDADE DE ÁGUA (Aa)

Os valores de composição centesimal da matéria-prima, os resultados apresentaram-se semelhantes (Tabela 10) a outros estudos utilizando o mesmo corte comercial (*Vastus lateralis*) (YOUSSEF et al., 2007, p. 721).

TABELA 10: COMPARAÇÃO DA ATIVIDADE DE ÁGUA, UMIDADE E RESÍDUO MINERAL FIXO EM CARNE BOVINA TRATADA COM SOLUÇÕES SALINAS DE HIDROCOLOIDES.

Tratamentos	Aa	Umidade	RMF
MP	0,984 ± 0,008	74,60 ± 0,002	2,56 ± 0,001
CTRL	0,965 ± 0,003	75,71 ± 0,004	3,26 ± 0,009
CGN	0,971 ± 0,01	76,75 ± 0,088	3,47 ± 0,06

Valores expressos como média ± desvio padrão. As médias não apresentaram diferenças significativas pelo teste One-Way ANOVA seguido de Tukey ($p \leq 0,05$).

Nota: MP: matéria-prima; CTRL: controle; CGN: carragena; Aa: atividade de água; RMF: resíduo mineral fixo.
FONTE: A autora (2019).

A atividade de água e umidade observadas no tratamento controle em relação à carragena apresentaram valores menores, resultantes da adição de cloreto de sódio e sua capacidade em reduzir atividade de água nos produtos cárneos (ALIÑO et al, 2010).

Os hidrocoloides por possuírem a capacidade de agregar água nos alimentos, ocasionalmente elevam a atividade de água e umidade (PAULINO et al, 2016). No entanto, outros fatores também influenciam no aumento da atividade de água, como: altas concentrações de soluto, presença de gorduras e óleos ou remoção física da água por desidratação (GEORGET et al, 2015).

Os valores crescentes de resíduo mineral fixo em relação ao valor inicial apresentado na matéria prima são resultantes da adição de compostos inorgânicos somados a amostra cárnea, como o sódio, acrescido em 5% nos tratamentos controle e carragena.

4.5. ANÁLISE DE TEXTURA E CISALHAMENTO

A carragena demonstrou resultados satisfatórios quanto à força de cisalhamento apresentada na tabela 9.

TABELA 11: COMPARAÇÃO DA FORÇA DE CISALHAMENTO EM CARNE BOVINA TRATADA COM SOLUÇÕES SALINAS DE HIDROCOLOIDES.

Tratamento	Pico de carga (<i>peak load</i>)	
	N	Kgf
CTRL	19,81 ± 8,12	2,01 ± 0,82
CGN	18,08 ± 6,14	1,84 ± 0,62

Valores expressos como média ± desvio padrão. As médias não apresentaram diferenças significativas pelo teste de Man Whitney ($p \leq 0,05$).

Fonte: A autora (2019). N: Newtons; kgf: quilogramas força.

Na força de cisalhamento, definida como medida instrumental para mensurar a fragilidade da carne, emprega-se uma força mecânica sobre a amostra, e mede-se a força máxima para ocorrer a ruptura (HOLMANN et al, 2016). Nos resultados com a carragena, a força necessária para ocorrer a total separação da amostra apresentou-se menor em relação ao tratamento controle (Tabela 11).

O mesmo pode ser observado nos estudos de Mohan e Singh (2016), analisando bifes de carne bovina em tratamentos com 0,5% de carragena, observou valores menores (25,8 N) se comparado ao tratamento controle (46,4 N).

A carragena além de melhorar o rendimento pós-cocção, tende a elevar os valores de dureza e mastigabilidade de produtos cárneos emulsificados, observado na Tabela 12 (HSU; CHUNG, 2001).

Ayadi et al. (2009), ao realizar um estudo com salsichas elaboradas com carne de peru, observou maiores valores de dureza e mastigabilidade para salsichas contendo 0,57% de carragena em sua formulação. O mesmo pode ser observado por Cierach et al. (2009), com emulsões contendo diferentes tipos de carragena (*kapa*, *iota* e *lambda*) em embutidos cárneos, obtendo valores maiores em dureza e mastigabilidade.

Os valores de elasticidade demonstraram redução se comparado ao tratamento controle (Tabela 12), a presença de uma segunda rede de gel na estrutura cárnea ocasionada pela adição de carragena, leva a uma compactidade e diminuição de estruturas aeradas, ocasionando em redução da elasticidade (AYADI et al. 2009).

A adição de carragena também diminuiu os valores de coesividade quando comparado ao controle (Tabela 12). Ulu (2005), observou o mesmo resultado adicionando carragena a almôndegas, independente de alto ou baixo teor de gordura, os parâmetros coesividade e elasticidade tiveram reduções em comparação ao controle.

TABELA 12: ANÁLISE DE TEXTURA DE CARNE BOVINA TRATADA COM SOLUÇÕES SALINAS DE HIDROCOLOIDES.

Tratamento	Dureza	Coesividade	Elasticidade	Mastigabilidade
CTRL	31,02 (±13,36)	0,63 (±0,04)	6,22 (±0,68)	121,08 (±58,57)
CGN	40,88 (±35,65)	0,61 (±0,06)	5,65 (±0,68)	151,46 (±113,52)

Valores expressos como média ± desvio padrão. As médias não apresentaram diferenças significativas pelo teste de Man Whitney ($p \leq 0,05$).

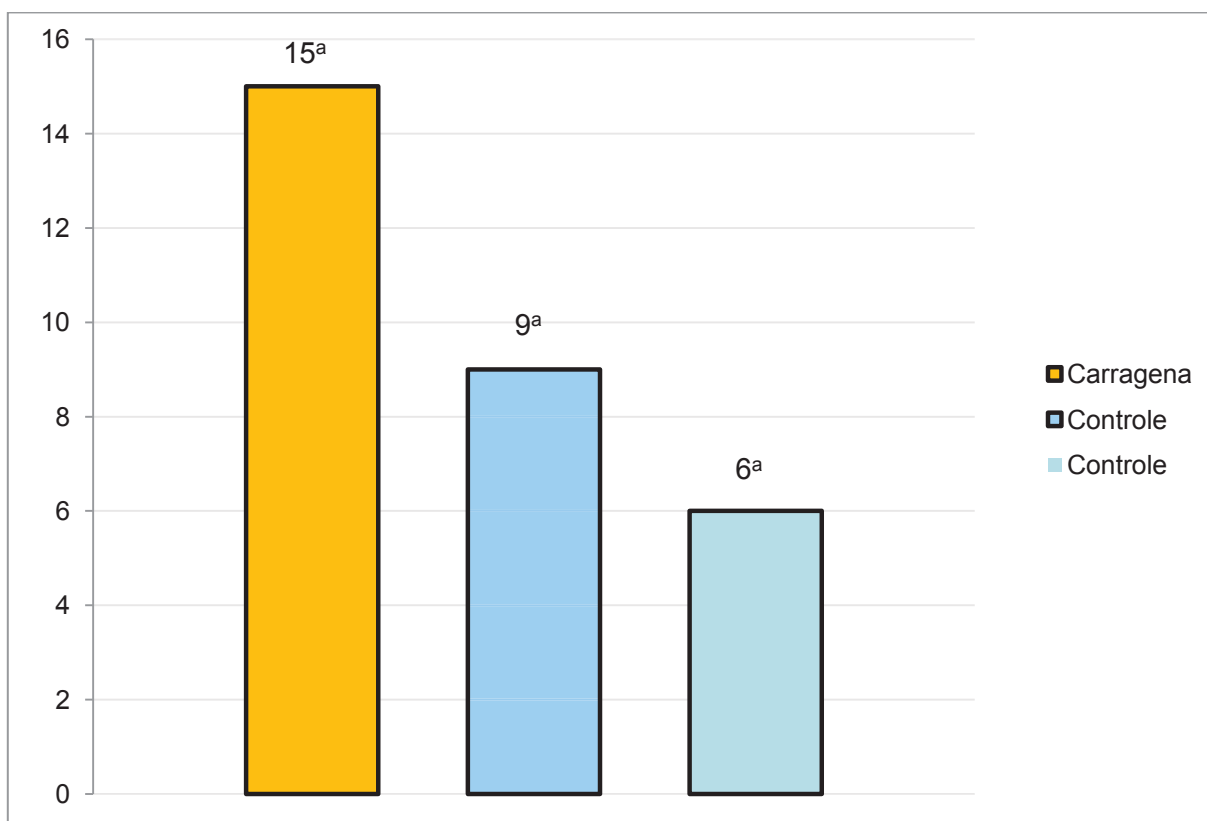
FONTE: A autora (2019). N: Newtons; mm: milímetros; J: Joules.

4.6. ANÁLISE SENSORIAL

4.6.1. Análise sensorial: teste triangular e ordenação por preferência.

No teste triangular os provadores não identificaram a presença de carragena (gráfico 1). Porém, no espaço delimitado aos comentários das fichas de avaliação, foi descrito por 12 provadores, a maior maciez da carne bovina tratada com carragena. No entanto, para os 30 provadores que responderam o teste, o número de respostas corretas é inferior ao mínimo tabelado (Dutkosky, 2015, p. 453) para aceitar a hipótese que a amostra diferente foi identificada (Dutkosky, 2015, p. 109); ou seja, os provadores não identificaram a presença de carragena nas amostras ($p > 0,05$).

GRÁFICO 1: TESTE TRIANGULAR REALIZADO EM AMOSTRAS DE CARNE BOVINA TERMOPROCESSADAS TRATADAS COM SOLUÇÕES SALINAS DE HIDROCOLOIDE.

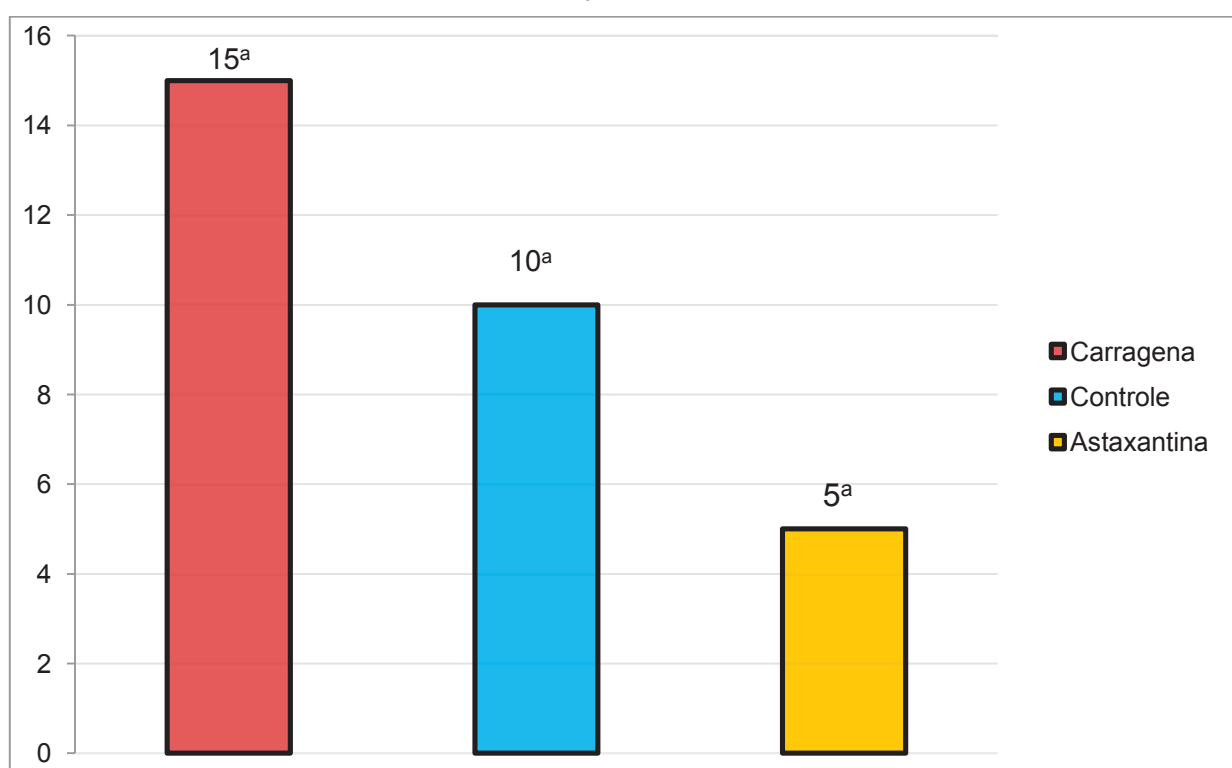


Nota: ^a Médias com sobrescritos de letras iguais não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$).

Fonte: A autora (2019).

Para o teste de preferência por ordenação, os candidatos receberam amostras controle, carragena e carragena+astaxantina, para indicarem em ordem crescente (da menor para a maior) qual amostra adotariam como preferida. Porém dos 30 provadores que participaram da análise, a preferência foi pela amostra tratada com carragena (gráfico 2). No entanto, o número de respostas por preferência desta amostra também foi inferior ao tabelado (Dutkosky, 2015, p. 113); sendo assim, não houve diferença significativa ($p > 0,05$).

GRÁFICO 2: TESTE DE PREFERÊNCIA REALIZADO EM AMOSTRAS DE CARNE BOVINA TERMOPROCESSADAS TRATADAS COM SOLUÇÕES SALINAS DE HIDROCOLOIDE.



Nota: ^a Médias com sobrescritos de letras iguais não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$).

Fonte: A autora (2019).

Estudos aponta a aceitabilidade dos provadores ao degustarem amostras de salsichas com substituição de gordura por amido de mandioca, carragena e constatou não haver recusa em relação a esta substituição, em contrapartida as amostras tratadas com proteína de trigo não apresentaram aceitabilidade favorável (abaixo de 50%) (SAMPAIO et al, 2004)

Pedroso e Demiate (2008), adicionando amido e carragena em presuntos cozidos (concentrações entre 1-2%), verificou que não houve diferenças significativas quanto a análise sensorial de escala hedônica de 9 pontos, sendo avaliadas com notas entre 6 e 7.

Outros autores realizando análise sensorial em produtos cárneos com carne PSE de peru somada a hidrocoloides como colágeno, proteína isolada de soja e carragena, não observaram diferenças sensoriais entre todos os tratamentos (DAIGLE et al. 2005).

5. CONCLUSÃO

O uso de hidrocoloides em sinergia com o cloreto de sódio demonstrou uma alternativa eficiente e econômica para melhorar a qualidade dos produtos cárneos termoprocessados em micro-ondas. A carragena obteve comportamento eficaz nas funções de retenção de água do produto cárneo, tornando-o mais macio e com maior aceitabilidade entre os provadores. O uso de astaxantina como antioxidante natural apresentou valores semelhantes ao eritorbato de sódio, minimizando os níveis de oxidação frente aos efeitos do termoprocessamento. Portanto, os hidrocoloides e antioxidantes naturais proporcionam boas alternativas de uso em produtos cárneos em substituição aos aditivos sintéticos, se avaliada as condições efetivas que resultem no propósito objetivado para esses produtos.

6. REFERÊNCIAS

- ALIÑO, M.; GRAU, R.; TOLDRA, F.; et al. Physicochemical properties and microbiology of dry-cured loins obtained by partial sodium replacement with potassium, calcium and magnesium. **Meat science**, v. 85, n. 3, p. 580–8, 2010.
- ALCAZAR-ALAY, S. C.; MEIRELES, M. A. A. Physicochemical properties, modifications and applications of starches from different botanical sources. **Food Science and Technology (Campinas)**, v. 35, n. 2, p. 215–236, 2015.
- ALLALI, H.; MARCHAL, L.; VOROBIEV, E. Blanching of strawberries by ohmic heating: effects on the kinetics of mass transfer during osmotic dehydration. **Food and Bioprocess Technology**, v.3, p.406-414, 2010.
- ALVES, D., GOES, R. H. de, & MANCIO, A. (2006). Maciez da carne bovina. **Ciência Animal Brasileira**, 6(3), 135-149
- ALVES, L et al . O ultrassom no amaciamento de carnes. **Cienc. Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 8, p. 1522-1528, Aug. 2013.
- AOAC. **Official methods of analysis of the Association Analytical Chemists**. 18.ed. Gaithersburg, Maryland, 2005.
- ASGHAR, A., HENRICKSON, R. L. Chemical, biochemical, functional, and nutritional characteristics of collagen in food systems. In: CHISCHESTER, C. O.; MARK, E. M.; STEWART, G. F. (Eds.), **Advances in food research**, v. 28, London: Academic Press, 1982, p. 232-372.
- ASSOCIACAO BRASILEIRA DAS INDUSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNES – ABIEC. **Exportações Brasileiras de Carne Bovina**. Sao Paulo: ABIEC, 2016.
- ÁVILA, M. D. R.; ORDÓÑEZ, I. C. M.; HERRERO, J. A. M. Rheological behaviour of commercial cooked meat products evaluated by tensile test 80 and texture profile analysis (TPA). **Meat Science**, v. 98, n. 2, p. 310– 315, 2014. Elsevier Ltd.
- AYADI, M. A.; KECHAOU, A.; MAKNI, I.; ATTIA, H. Influence of carrageenan addition on turkey meat sausages properties. **Journal of Food Engineering**, v.93, n. 3, p. 278–283, 2009. Elsevier Ltd.
- BAGGIO, S. R., BRAGAGNOLO, N.; Fatty acids, cholesterol oxides and cholesterol in Brazilian processed chicken products. **J. Food Sci.**, 2, 799-208, 2006.
- BAGGIO, S. R., BRAGAGNOLO, N.; Lipid Fraction Quality Evaluation of Brazilian Meat-based Products. **J. Braz. Chem. Soc.**, 19, 463-470, 2008.
- BARBUT, S.; MITTAL, G. S. Use of carrageenans and xanthan gum in reduced fat breakfast sausages. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, v 25, p. 509-513, 1992.

BASF THE CHEMICAL COMPANY. Disponível em: < E:\Astaxantina\BASFGroup 2006 09-04> Acesso em: 2019.

BATEMAN, J. F.; LAMANDE, S. R.; RAMSHAW, J. A. M. Collagen superfamily. In W. D. COMPER (Ed.). **Extracellular matrix. Molecular components and interactions**, v. 2 UK: Harwood Academic Publishers, 1996, p. 22-27.

BERLAN J. **Microwaves in chemistry: another way of heating reactions mixtures**. Radiat Phys Chem 1995; 45(4):581-9.

BERNAL, V. M. et al. Interactions I protein/polysaccharide. /calcium gels. **Journal of Food Science**, Chicago, v.52, n.5, p.1121-1126,1987.

BOBBIO. P. A, BOBBIO, F. O. Química do Processamento de Alimentos. São Paulo, SP: Varela, 2001. P. 92.

BRANER. A. L.; DAVIDSON, P. M.; SALMINEN, S. THORNGATE III, J.H.; **Food additives**, 2 edition, New York, 2002.

BRASIL. Ministerio da Agricultura, Pecuaria e Abastecimento – MAPA (2003a). **Regulamentos técnicos de identidade e qualidade de carne bovina em conserva (corned beef) e carne moída de bovino**. Instrucao normativa n 83, de 21 de novembro de 2003. Brasília, DF: Ministerio da Agricultura, Pecuaria e Abastecimento, 2003.

BRASIL. Ministerio da Agricultura, Pecuaria e Abastecimento – MAPA (2003b). **Oficializar os Métodos Analíticos Oficiais para Análises Microbiológicas para Controle de Produtos de Origem Animal e Água**. Instrucao Normativa nº 62, de 26 de Agosto de 2003. Brasília, DF: ministerio da Agricultura, Pecuaria e Abastecimento, 2003.

BUENO, R.V.C.C. **Efeito da fibra de colágeno na qualidade funcional de “cooked frozen beef”**. 107. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Unicamp, Campinas, 2008.

BUREY, P.; BHANDARI, B. R.; HOWES, T.; GIDLEY, M. J. Hydrocolloid Gel Particles: Formation, Characterization, and Application. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 48, n. 5, p. 361–377, 2008.

CABRAL, I. S. R., SHIRAHIGUE, L. D., DE ARRUDA, L. F., CARPES, S. T., OETTERER, M. **Produtos naturais de algas marinhas e seu potencial antioxidante e antimicrobiano**. Boletim Do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos, 29(2),2011.

CADDICK S. **Microwave assisted Organic Reactions**. Tetrahedron 1995; 51(38):10403-32.

CAMPO, V. L.; KAWANO, D. F.; SILVA, D. B. DA; CARVALHO, I. Carrageenans: Biological properties, chemical modifications and structural analysis - A review. **Carbohydrate Polymers**, v. 77, n. 2, p. 167–180, 2009. Elsevier Ltd.

CANDOGAN, K.; KOLSARICI, N. The effects of carrageenan and pectin on some quality characteristics of low-fat beef frankfurters. **Meat Science**, v. 64, n. 2, p. 199–206, 2003.

CÁRCEL, J.A. et al. Food process innovation through new technologies: use of ultrasound. **Journal of Food Engineering**, v.110, n.2, p.200-207, 2012.

CERQUEIRA, F. M., MEDEIROS, M. H. G., AUGUSTO, O.; Antioxidantes dietéticos: controvérsias e perspectiva. **Quím. Nova**, 30, 441 – 449, 2007.

CHANDRAPALA, J. et al. Ultrasonics in food processing. **Ultrasonics Sonochemistry**, v.19, n.5, p.975-983, 2012.

CHEMAT, F. et al. Applications of ultrasound in food technology: processing, preservation and extraction. **Ultrasonics Sonochemistry**, v.18, n.4, p.813-835, 2011.

CHEN, J. H.; REN, Y.; SEOW, J.; et al. Intervention Technologies for Ensuring Microbiological Safety of Meat: Current and Future Trends. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 11, n. 2, p. 119–132, 2012.

CHERRY, J. P. **Protein Functionality in Foods**, ACS Symposium Series: Washington, 2011.

CIERACH, M., MODZELEWSKA-KAPITULA, M., SZACITO, K. **The influence of carrageenan on the properties of low-fat frankfurters**. *Meat Science*, 82(3), 295–299. 2009/Janeiro.

DAIGLE, S. P. et al. **PSE-like turkey breast enhancement through adjunct incorporation in a chunked and formed deli roll**. *Meat Science*, Oxford, v. 69, n.2, p. 319-324, 2005.

DARVISHI, H.; KHOSTAGHAZA, M.H.; NAJAFI, G. Ohmic heating of pomegranate juice: Electrical conductivity and pH change. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences** v.12, n.2, p.101-108, June,2013.

DeFREITAS, Z.; et al. Carrageenan effects on salt-soluble meat proteins in model systems. **Journal of Food Science**, Chicago, v.62, n.3, p.551-554, 1997.

DJABOUROV, M. Gelation—A review. **Polymer International**, v. 25, n. 3, p. 135–143, 1991.

DJABOUROV, M.; LECHAIRE, J.; GAILL, F. Structure and rheology of gelatin and collagen gels. **Biorheology**, v. 30, n. 3-4, p. 191-205, 1993.

DONATUS, E. N.; XIONG, L. Y. Effects of carrageenan on thermal stability of proteins from chicken thigh and breast muscles. **Food Research International**, Holanda, v.34, n.2-3, p.247-253, 2001.

DOLATOWSKI, Z.J. et al. Applications of ultrasound in food technology. **Technologia Alimentaria**, v.6, n.3, p.89-99, 2007.

DUTKOSKY, S. **Análise Sensorial de Alimentos**. 4a ed. Curitiba: PUCPress - Editora Universitaria Champagnat, 2015. 531 p.

DZIEZAK, J. D. A Focus on Gums. **Food Technology**, Chicago, v.45, n.3, p.116-131, 1991.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA - EMBRAPA. **Carne em Números**. Brasília: EMBRAPA, 2017.

ECHARTE, M., ANSORENA, D., ASTIASARÁN, I. Consequences of microwave heating and frying on the lipid fraction of chicken and beef patties. **J. Agric. Food Chem.**, 51, 5941-5945, 2003.

FAUSTMAN, S. L., DJORDJEVIC, D., DECKER, E.A. Effect of antioxidants on stabilization of meat products fortified with $n - 3$ fatty acids. **Meat Sci.**, 72, 18-24, 2006.

FENNEMA, O. R. **Química de Los Alimentos**. 2. ed. Zaragoza: Editorial Acribia, 2000.

FUENTES-ZARAGOZA, E.; RIQUELME-NAVARRETE, M. J.; SANCHEZZAPATA, E.; PEREZ-ALVAREZ, J. A. Resistant starch as functional ingredient: A review. **Food Research International**, v. 43, n. 4, p. 931–942, 2010. Elsevier Ltd.

GEORGET, E.; SEVENICH, R.; REINEKE, K.; et al. Inactivation of microorganisms by high isostatic pressure processing in complex matrices : A review. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 27, p. 1–14, 2015. Elsevier Ltd.

GIESE, J. Developing low-fat met products. **Food Techonology**, v. 46, n. 4, p. 100-108, 1992.

GLICKSMAN. **Gum Technology in the Food Industry**. London: Academic Press, 2009. 590p.

GOMEZ-GUILLEN, M. C.; GIMENEZ, B.; LOPEZ-CABALLERO, M. E.; MONTERO, M. P. Functional and bioactive properties of collagen and gelatin from alternative sources: A review. **Food Hydrocolloids**, v. 25, n. 8, p. 1813–1827, 2011. Elsevier Ltd.

GOMEZ-GUILLEN, M. C.; TURNAY, J.; FERNANDEZ-DIAZ, M. D.; ULMO, N.; LIZARBE, M. A.; MONTERO, P. Structural and physical properties of gelatin extracted from different marine species: a comparative study. **Food Hydrocolloids**, v.16(1), p. 25-34, 2002.

GUERIN, M.; HUNTLEY, M. E.; OLAIZOLA, M. *Haematococcus* astaxanthin: applications for human health and nutrition. **TRENDS in Biotechnology**, v.21, n. 5, p. 210-216, May 2003.

GUNTENSPERGER, B.; ESCHER, F. E. Oxidative Changes of Heat-Sterilized Meat in Trays. **Journal of food science**, n. 4, p. 689–692, 1994.

HAM, Y. K.; HWANG, K. E.; KIM, H. W.; et al. Effects of fat replacement with a mixture of collagen and dietary fibre on small calibre fermented sausages. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 51, n. 1, p. 96–104, 2016. Acesso em: 14 abr. 2017.

HOLMAN B. W. B., FOWLER, S. M.; HOPKINS, D. L. **Are shear force methods adequately reported?** *Meat Science*, 119, 1–6, 2016.

HSU, S. Y.; CHUNG, H. Effects of k-carrageenan, salt, phosphates and fat on qualities of low fat emulsified meatballs. **Journal of Food Engineering**, v. 47, p.115–121, 2001.

HUFF-LONERGAN, E.; LONERGAN, S. M. Mechanisms of waterholding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. **Meat science**, v. 71, n. 1, p. 194–204, 2005.

HUGHES, J. M.; OISETH, S. K.; PURSLOW, P. P.; WARNER, R. D. A structural approach to understanding the interactions between colour, water-holding capacity and tenderness. **Meat Science**, v. 98, n. 3, p. 520–532, 2014. Elsevier Ltd.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA – IBGE. **Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. 54 p.

JOHNSON, E.A.; AN, G. H. Astaxanthin from microbial sources. **Critical Reviews in Biotechnology**, v. 11, n. 4, p. 297-326, 1991.

JUNIOR, D. M. L.; RANGEL, A. H. N.; URBANO, S. A.; MORENO, G. M. B. **Oxidação lipídica e qualidade da carne ovina**. *Acta Veterinaria Brasilica*, 7(1), 2013.

KOLAKOWSKA, A.; The oxidability of krill lipids, **Pol. Polar Res.**, 12(1), 89, 1991.

KUMAR, S., SINGH, J., SHARMA, A. Bay Leafs. In: Peter, K. V. **Handbook of herbs and spices** Volume 1. Cambridge: Woodhead Publishing Ltd. p. 68-77, 2001.

KUSDIYANTINI, E.; GAUDIN, P.; GOMA, G. BLANC, P. J. Growth kinetics and astaxanthin production of *Phaffia rhodozyma* on glycerol as a carbon source during batch fermentation. **Biotechnology Letters**, v. 20, n.10, p. 929-934, Oct. 1998.

LATSCHA, T. "Carotenoids their nature and significance in animal feeds", **Department of Animal Nutrition and Health**, F. Hoffmann-La Roche Ltd., Basel, Switzerland, 1990.

LAWRIE, R. A. **Ciência da Carne**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2005.

LEADLEY, E.; WILLIAMS, A. Procesado com pulsos electricos, ultrasonidos de potencia y otras tecnologias emergentes. In: BRENNAM, J.G. **Manual del procesado de los alimentos**. Zaragoza: Acribia, 2008. Cap.7, p.203-237.

LEBERT, A.; DAUDIN, J. D. Modelling the distribution of aw, pH and ions in marinated beef meat. **Meat Science**, v. 97, n. 3, p. 347–357, 2013. Elsevier Ltd.

LIRA, G. M. Influência do colágeno sobre a textura de carnes. **Revista Higiene Alimentar**, Sao Paulo, v. 11, n. 48, p. 12-18, mar.abr. 1997.

LORENZ, R. T.; CYSEWSKI, G. R. Commercial potential for *Haematococcus* microalgae as a natural source of astaxanthin. **TIBTECH**, v. 18, p. 160-167, April, 2000.

LOUPY A, PERREUX L. **A tentative rationalization of microwave effects in organic synthesis according to the reaction medium, and mechanistic considerations.** Tetrahedron 2001; 57:9199-223.

LUCHIARI FILHO, A. Pecuária da carne bovina. 1 ed. **Lin Bife**, São Paulo

MADSEN, H. L., BERTELSEN, G. Spices as antioxidants. **Trends Food Sci. Technol.**, 6, 271-277, 1996.

MAHMOUD, F.F.; HAINES, D. D.; ABUL, H. T.; ABAL, A.T.; ONADEKO, B. O.; WISE J. A. In Vitro Effects of Astaxanthin Combined With Ginkgolide B on T Lymphocyte Activation in Peripheral Blood Mononuclear Cells From Asthmatic Subjects. **Journal of Pharmacological Sciences**, v. 94, p. 129 – 136, 2004.

MAJETICH G, HICKS R. **Applications of microwave-accelerated organic synthesis.** Radiat Phys Chem 1995; 45(4):567-79.

MANCINI, R.A., SEYFERT, M.C., HUNT, M., KROPF, D.H., HACHMEISTER, K.A., HERALD, T.J., JOHNSON, D.E. Comparison of ascorbic acid and sodium erythorbate: Effects on the 24 h display colour of beef lumbar vertebrae and longissimus lumborum packaged in high-oxygen modified atmospheres. **Meat Sci.**, 75, 39-43, 2007.

MARIUTTI, L. R. B.; BRAGAGNOLO, N. A oxidação lipídica em carne de frango e o impacto da adição de sálvia (*Salvia officinalis* , L .) e de alho (*Allium sativum* , L .) como antioxidantes naturais. **Revista do Instituto Adolf Lutz**, v. 68, n. 1, p. 1–11, 2011.

MATOKA, T.; HIDAKA, H.; KITAMURA, K.; KAIZUMA, N.; KITO, M. Contribution of Hydroperoxide Lyase Activity to n -Hexanal Formation in Soybean. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 33, p. 856–858, 1985.

MCAFEE, A. J.; MCSORLEY, E. M.; CUSKELLY, G. J.; et al. Red meat consumption: An overview of the risks and benefits. **Meat Science**, v. 84, n. 1, p. 1–13, 2010. Elsevier Ltd.

MIAO, F.; LU, D.; LI, Y.; ZENG, M. Characterization of astaxanthin esters in *Haematococcus pluvialis* by liquid chromatography–atmospheric pressure chemical ionization mass spectrometry. **Analytical Biochemistry**, v. 352, p. 176–181, Mar.2006.

MILANI, J.; MALEKI, G. Hydrocolloids in Food Industry. In: B. Valdez (Ed.); **Food Industrial Processes - Methods and Equipment**. 1st ed., p.418, 2012. Rijeka, Coreia: InTech.

MINISTERIO DA AGRICULTURA, PECUARIA E ABASTECIMENTO – MAPA. **Quantidade de Abate Estadual por Ano/Espécie**. Brasília: MAPA, 2016a.

MIKKELSEN, M. S.; JESPERSEN, B. M.; MØLLER, B. L.; et al. Comparative spectroscopic and rheological studies on crude and purified soluble barley and oat β -glucan preparations. **Food Research International**, v. 43, n. 10, p. 2417–2424, 2010. Elsevier Ltd.

MOHAN, A.; SINGH, R. K. **Functional properties of carrageenan on color stability and sensory characteristics of beef steaks**. *Food Bioscience*, 15, 72–80, 2016.

MOLINA, E.; PAPADOPOULOU, A.; LEDWARD, D. A. Emulsifying properties of high-pressure treated soy protein isolate and 7S and 11S globulins. **Food Hydrocolloids**, v. 15, n. 3, p. 49-55, 2001.

MOREY, AMIT; OWENS, CASEY M. Methods for Measuring Meat Texture. In: **Poultry Quality Evaluation**. 2017. p. 115-132.

NISHINARI, K.; FANG, Y.; GUO, S.; PHILLIPS, G. O. Soy proteins: A review on composition, aggregation and emulsification. **Food Hydrocolloids**, v. 39, p. 301–318, 2014. Elsevier Ltd.

NIR, I.; FELDMAN, Y.; ASERIN, A.; GARTI, N. Surface Properties and Emulsification Behavior of Denatured Soy Proteins. **Journal of Food Science**, v. 59, n. 3, p. 606–610, 1994.

NORTON, I. T.; FOSTER, T. J. Hydrocolloids in real food systems. In: WILLIAMS, P. A.; PHILLIPS, G. O. (Org.). **Gums and Stabilisers**. 11. ed. Cambridge: RSC, 2002.

OLAIZOLA, M. Commercial development of microalgal biotechnology: from the test tube to the marketplace. **Biomolecular Engineering**, v. 20, p. 459-466, 2003.

OROSA, M.; FRANQUEIRA, D.; CID, A.; ABALDE, J. Analysis and enhancement of astaxanthin accumulation in *Haematococcus pluvialis*. **Bioresource Technology**, v. 96, p. 373–378, 2005.

PALKA, K.; DAUN, H. Changes in texture, cooking losses, and myofibrillar structure of bovine *M. semitendinosus* during heating. **Meat Science**, v. 51, n. 3, 138 p. 237–243, 1999.

PALOZZA P.; KRINSKY N.I. Astaxanthin and canthaxanthin are potent antioxidants in a membrane model. **Arch Biochem Biophys.**, v..297, n. 2, p.291-5, Sep.1992,

PAULINO, F. D. O.; JOSE, T.; FRANCO, R. M.; FREITAS, M. Q. DE. Partial reduction of fat and salt contents in fresh pork sausage by using carrageenan and potassium chloride. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, v. 13, n. 2, p. 121–124, 2016.

PEARCE, K. L.; ROSENVOLD, K.; ANDERSEN, H. J.; HOPKINS, D. L. Water distribution and mobility in meat during the conversion of muscle to meat and ageing and the impacts on fresh meat quality attributes — A review. **Meat Science**, v. 89, n. 2, p. 111–124, 2011. Elsevier Ltd.

PEDROSO, R. A.; DEMIATE, I. M. Avaliacao da influencia de amido e carragena nas caracteristicas físico-químicas e sensoriais de presunto cozido de peru. **Ciencia e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 1, p. 24–31, 2008.

PIETRASIK, Z. **Effect of content of protein, fat and modified starch on binding textural characteristics, and color of comminuted scalded sausages**. *Meat Science*, Oxford, v. 51, n. 1, p. 17-25, 2003.

PIVOTTO, L. G. C. **Carotenóides: inovações e tendências em alimentos**. 68. Trabalho de Graduação (Tecnologia de Alimentos) – UTFPR, Medianeira, 2011.

PUOLANNE, E.; HALONEN, M. Theoretical aspects of water-holding in meat. **Meat Science**, v. 86, n. 1, p. 151–165, 2010. Elsevier B.V.

RAMALHO, V. C., JORGE, N.; Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos. **Quím. Nova**, 29, 755 – 760, 2006.

RAMOS, E. M. **Efeito de diferentes métodos de abate sobre o desenvolvimento do rigor mortis e da qualidade da carne de rã-touro**. 161. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

REISCHE, D. W.; LILLARD, D. A.; EITENMILLER, R. R. Antioxidants. In: AKOH, C. C.; MIN, D. B. **Food lipids: chemistry, nutrition and biotechnology**. 2. ed. New York: Marcel Dekker, p. 489-516, 2002.

RENSTROM, B.; BORCH, G.; SKUIBERG, O. M.; LIAAEN-JENSEN, S. Optical purity of (3S,3'S)-astaxantina from *Haematococcus pluvialis*. **Phytochem**, v. 20, p. 2561-2564, 1981

RIBEIRO, C. DA S. G.; CORCAO, M. O consumo de carne no Brasil : entre valores socioculturais e nutricionais. **Demetra**, v. 8, n. 3, p. 425–438, 2013.

ROCHA GARCIA, C. E.; YAMASHITA, F.; YOUSSEF, E. Y.; PRUDENCIO, S. H.; SHIMOKOMAKI, M. Effect of Carrageenan Addition on the Yield and Functional Properties of Charqui (Jerked Beef). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 56, n. April, p. 311–318, 2013.

SAHA, D.; BHATTACHARYA, S. Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food: A critical review. **Journal of Food Science and Technology**, v. 47, n.6, p. 587–597, 2010.

SAMEJIMA, K. LEE, N. H.; ISHIOROSHI, M. Protein extractability and thermal gel formability of miofibrilis isolated from skelectral and cardiac muscle at different post mortem periods. **Journal of the Science of Food Agriculture**, Londres, v.58, p.385-393, 1992.

SAMPAIO, G. R., CASTELLUCI, C. M. N., SILVA, P. M. E. M., TORRES, E. A. F. S. **Effect of fat replacers on the nutritive value and acceptability of beef frankfurters**. *Journal of Food Composition and Analysis*, 17(3-4), 469–474, 2004.

SANSEVERINO AM. **Microondas em síntese orgânica**. *Quim Nova* 2002; 25(4):660-7.

SINGH, N.; SINGH, J.; KAUR, L.; SINGH SODHI, N.; SINGH GILL, B. Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. **Food Chemistry**, v. 81, n. 2, p. 219–231, 2003.

STOREBAKKEN, T.; SORENSEN, M.; BJERKENG, B.; HARRIS, J., MONAHAN, P.; HIU, STEPHEN, H. Stability of astaxanthin from red yeast, *Xanthophyllomyces dendrorhous*, during feed processing: effects of enzymatic cell wall disruption and extrusion temperature. **Aquaculture**, v. 231, p. 489-500, 2004.

SWORN, G. Hydrocolloid thickeners and their applications. In: PHILIPS, G. O.; WILLIAMS, P. A. (Eds). Gums and Stabilizers for the Food Industry, v. 12. Oxford, UK: RSC Publishing, 2004. p 13–22.

TAPASCO, Y. RESTREPO, D. SUAREZ, H. Efeito reológico de 88 hidrocolídeos sobre a salmuera de marinado de carne bovina. **Biotecnologia en el sector agropecuario y agroindustrial**, v. 9, n. 2, p. 23–31, 2011.

TRINH, K. T., GLASGOW, S. **On the texture profile analysis test**, 2012.

TRIUŠ, A.; SEBRANEK, J. G. Carrageenans and their use in meat products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 36, n. 1–, p. 69–85, 1996.

ULU, H. **Effects of carrageenan and guar gum on the cooking and textural properties of low fat meatballs**. *Food Chemistry*, 95(4), 600–605, 2005.

VALOR ECONOMICO. Reação do consumo de carne no horizonte. **Valor Econômico**, São Paulo, 2017.

VEGA-WARNER, V.; MERKEL, R. A.; SMITH, D. M. Composition, solubility and gel properties of salt soluble proteins from two bovine muscle types. *Meat Science*, Holanda, v.51, n.3, p.197-293, 1999.

VISSER, H.; OUYEN, J.J.; VERDOES, J.C. Metabolic engineering of the astaxanthin-biosynthetic pathway of *Xanthophyllomyces dendrorhous*. **FEMS Yeast Research**, v. 4, p. 221-231, 2003.

WEISS, J.; GIBIS, M.; SCHUH, V.; SALMINEN, H. Advances in ingredient and processing systems for meat and meat products. **Meat Science**, v. 86, n. 1, p. 196–213, 2010. The American Meat Science Association.

WHEELER, T. L.; SHACKELFORD, S. D.; KOOHMARAIE, M. **Standardizing collection and interpretation of Warner-Bratzler shear force and sensory tenderness data**. 1997.

XIONG, Y. L. Role of myofibrillar proteins in water-binding in brine-enhanced meats. **Food Research International**, v. 38, n. 3, p. 281–287, 2005.

YU HM, CHEN ST, WANG KT. **Enhanced coupling efficiency in solid-phase peptide synthesis by microwave irradiation**. *J Org Chem* 1992; 57(18):4781-4

YOUSSEF, M. K.; BARBUT, S. Fat reduction in comminuted meat products effects of beef fat, regular and pre-emulsified canola oil. **Meat Science**, v. 87, n.4, p. 356–360, 2011a.

YOUSSEF, E. Y.; GARCIA, C. E. R.; YAMASHITA, F.; SHIMOKOMAKI, M. Chemical basis for beef charqui meat texture. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 50, n. 4, p. 719–724, 2007.

ZLOTORZYNSKI, ANDRZEJ. **The Application of Microwave Radiation to Analytical and Environmental Chemistry**. Critical Reviews in Analytical Chemistry, 25(1), 43–76. 1995.

7. APÊNDICE

Nome:	Data:	
<p>Você esta recebendo três amostras de carne bovina, cozidas e codificadas, sendo duas amostras iguais e uma diferente. Identifique com um círculo a amostra diferente em relação às demais.</p>		
600	125	252
Comentários:		
<p>Nome:</p> <p>Data:</p> <p>Você está recebendo três amostras de carne bovina, cozidas e codificadas. Identifique em ordem crescente (da menor para a maior) os códigos das amostras preferidas em relação ao gosto.</p> <p>_____</p>		